



**TUGAS AKHIR - TF 095565**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SALINITAS & LEVEL PADA TANGKI STORAGE MINI DESALINATION WATER PLANT**

**Muhammad Helmi Nurma D**  
**NRP 10511500000089**

**Dosen Pembimbing 1**  
**Detak Yan Pratama, ST,.M.Sc**  
**NIP. 1984 01 01 2012 12 1002**

**Dosen Pembimbing 2**  
**Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho,ST,.MT**  
**NPP. 1983201711054**

**Program Studi D3 Teknologi Instrumentasi**  
**Departemen Teknik Instrumentasi**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



**TUGAS AKHIR - TF 095565**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SALINITAS & LEVEL PADA TANGKI STORAGE MINI DESALINATION WATER PLANT**

**Muhammad Helmi Nurma D**  
**NRP 1051150000089**

**Dosen Pembimbing 1**  
**Detak Yan Pratama, ST,.M.Sc**  
**NIP. 1984 01 01 2012 12 1002**

**Dosen Pembimbing 2**  
**Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho,ST,.MT**  
**NPP. 19832017111054**

**Program Studi D3 Teknologi Instrumentasi**  
**Departemen Teknik Instrumentasi**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**





**TUGAS AKHIR - TF 145565**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN  
SALINITAS & LEVEL PADA STORAGE TANK  
DESALINATION MINI PLANT**

**MUHAMMAD HELMI NURMA DEVALDO**  
**NRP. 105115000000089**

**DOSEN PEMBIMBING 1**  
**DETAK YAN PRATAMA, ST., M.Sc**  
**NIP. 1984 01 01 2012 12 1002**

**DOSEN PEMBIMBING 2**  
**DWI OKTAVIANTO WAHYU NUGROHO, ST., MT.**  
**NPP. 19832017111054**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI INSTRUMENTASI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT TF 095565**

***DESIGN AND BUILD  
SALINITY & LEVEL CONTROL SYSTEM ON TANK  
STORAGE MINI PLANT DESALINATION WATER  
PLANT***

***Muhammad Helmi Nurma D  
NRP 10511500000089***

***Advisor Lecture 1  
Detak Yan Pratama, ST.,M.Sc.  
NIP. 1984 01 01 2012 12 1002***

***Advisor Lecture 2  
Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho,ST, .MT  
NPP. 1983201711054***

***Program Study D3 Technology Instrumentation  
Departement Of Instrumentation Engineering  
Faculty of Vocation  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018***

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SALINITAS & LEVEL PADA TANGKI STORAGE MINI DESALINATION WATER PLANT**

## **TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

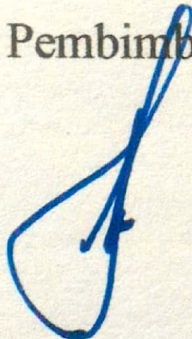
**MUHAMMAD HELMI NURMA D**

**NRP. 10511500000089**

**Surabaya, 20 Juli 2018**

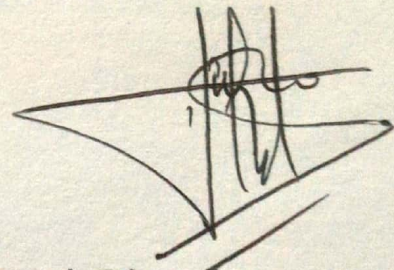
**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing 1**



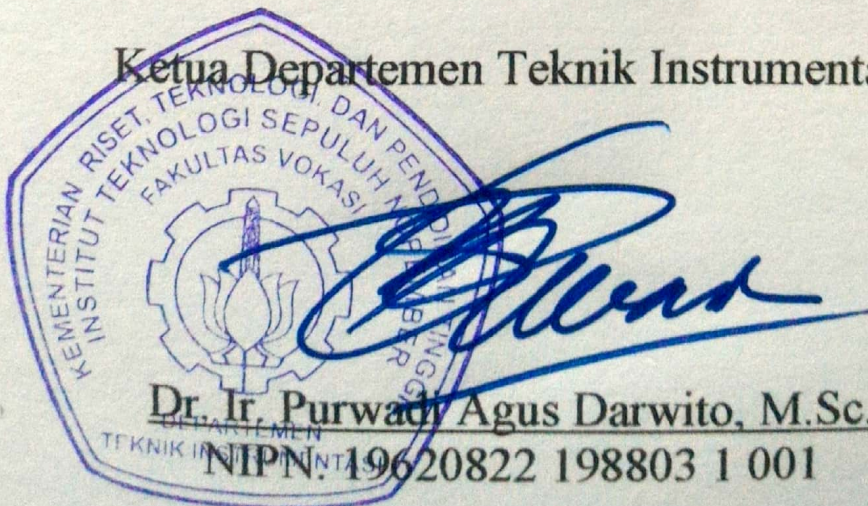
**Detak Yan Pratama, ST. M.Sc.**  
**NIPN. 1984 01 01 2012 12 1002**

**Dosen Pembimbing 2**



**Dwi Oktavianto Wahyu  
Nugroho, ST.MT**  
**NIPN. 1983201711054**

**Ketua Departemen Teknik Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.**  
**NIPN. 19620822 198803 1 001**



# **TUGAS AKHIR**


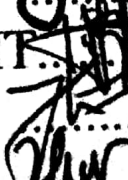

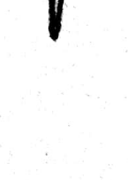
## **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *SALINITAS & LEVEL* PADA TANGKI *STORAGE MINI* *DESALINATION WATER PLANT***

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Program Studi D3 Teknologi Instrumentasi  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**Muhammad Helmi Nurma D  
NRP. 10511500000089**

**Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :**

- |   |  |
|---|--|
| 1. Detak Yan Pratama, ST. M.Sc          |  Pembimbing I     |
| 2. Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, ST. MT |  Pembimbing II    |
| 3. Ahmad Faudzan Adziima, ST. M.Sc      |  Dosen Penguji I  |
| 4. Herry Sufyan Hadi ST, MT             |  Dosen Penguji II |

**SURABAYA  
JULI, 2018**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SALINITAS & LEVEL PADA TANGKI STORAGE PADA MINI DESALINATION WATER PLANT**

Nama : Muhammad Helmi Nurma D  
NRP : 10511500000089  
Program Studi : D3 Teknologi Instrumentasi  
Departemen : Teknik Instrumentasi  
Dosen Pembimbing : Detak Yan Pratama, ST., M.Sc  
Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, ST.,  
MT.

## **Abstrak**

Perancangan *mini desalination water plant* digunakan sebagai simulasi proses desalinasi disuatu industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada *mini desalination water plant* terdapat beberapa proses di dalamnya, salah satunya adalah simulasi pencampuran kadar garam pada tangki *storage inlet Heat Exchanger* dengan memanipulasi pengendalian *level*. Tugas akhir ini membahas tentang bagaimana mengendalikan kadar garam dan ketinggian air pada tangki *storage* yang dijaga sebesar 200gr dengan ketinggian 40 cm dimana konsentrasi diatur sebesar 15% dalam volume tangki. Sensor yang digunakan pada tugas akhir ini meliputi sensor salinitas dan ultrasonik hc-sr04, sedangkan aktuator yang dipakai untuk buka tutup valve adalah motor servo valve. Dari pengendalian salinitas didapatkan data *overshoot* yang terjadi sebesar 223,08 gram dengan selisih sebesar 23,08 gram dari nilai *setpoint*. *Rise time* sebesar 45 menit, *peak time* sebesar 65 menit, dan *settling time* sebesar 90 menit. Sedangkan dari pengendalian *level* didapatkan data bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 41,34 cm dengan selisih sebesar 1,34 cm dari nilai *setpoint*. *Rise time* sebesar 60 menit, *peak time* sebesar 90 menit, dan *settling time* sebesar 60 menit.

**Kata kunci:** Desalinasi, Konsentrasi Kadar Garam, Sensor, Aktuator

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

**DESIGN AND BUILD**  
**SALINITY & LEVEL CONTROL SYSTEM ON TANK STORAGE**  
**MINI PLANT DESALINATION WATER PLANT**

**Name** : **Muhammad Helmi Nurma D**  
**NRP** : **10511500000089**  
**Department** : **Instrument Engineer**  
**Advisor Lecture** : **Detak Yan Pratama, ST., M.Sc**  
**Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, ST., MT.**

***Abstract***

*The design of mini desalination water plant is used as a simulation of desalination process in a Steam Power Plant (PLTU) industry. In the mini desalination water plant there are several processes in it, one of which is the simulation of salt mixing in the Heat Exchanger inlet storage tank by manipulating the level control. This final project discusses how to control the salt and water levels in the storage tank which is maintained at 200gr with a height of 40 cm where the concentration is set at 15% in the tank volume. Sensors used in this final task include salinity and ultrasonic sensors hc-sr04, while the actuator used to open the valve cover is a servo valve motor. From the control of salinity obtained overshoot data that happened at 223,08 gram with difference of 23,08 gram from setpoint value. Rise time of 45 minutes, peak time of 65 minutes, and settling time of 90 minutes. While from the control level obtained data that the overshoot that occurred for 41.34 cm with a difference of 1.34 cm from the setpoint value. Rise time of 60 minutes, peak time of 90 minutes, and settling time of 60 minutes.*

***Keywords:*** *Desalination, Salt Concentration Level, Sensor, Actuator*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL I</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL II</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....	v
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Tujuan .....	1
1.4 Batasan Masalah .....	1
<b>BAB II TEORI PENUNJANG</b>	
2.1 Desalinasi .....	3
2.1.1 <i>Multi Stage Flash Distillation</i> (MSF) .....	4
2.2 Teori Salinitas/Konsentrasi Larutan Garam .....	5
2.3 Sistem Pengendalian .....	5
2.3.1 Sistem Pengendalian <i>Close - Open Loop</i> .....	6
2.3.2 Sistem Pengendalian <i>On-Off</i> .....	7
2.3.3 Sistem Pengendalian <i>Cascade</i> .....	8
2.4 Sensor & Transmitter .....	9
2.5 Ketidakpastian Pengukuran .....	10
2.5.2 Karakteristik dinamik .....	14
2.6 Sensor Kadar Garam .....	16
2.7 Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	16
2.8 Atmega 1280 .....	17
2.9 Servo Valve .....	19
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>	
3.1 Perancangan Sistem .....	21
3.2 Metodologi Pengerjaan .....	22

3.2.1 Studi Literatur & Pustaka.....	22
3.2.2 Perencanaan Alat & Spesifikasi.....	22
3.2.3 Perancangan Mekanik Desalinasi .....	22
3.2.4 Perancangan Sistem Pengendalian Salinitas & Level ..	25
3.2.5 Kalibrasi Sensor.....	27
3.2.6 Instalasi & Integrasi Alat .....	29
3.2.7 Analisis Kerja Alat.....	29
3.2.8 Penyusunan Laporan.....	29

## **BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS**

4.1 Pengujian Sensor TDS/Salinity .....	31
4.1.1 Perhitungan Ketidakpastian Pembacaan Alat .....	33
4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	35
4.2.1 Perhitungan Ketidakpastian Pembacaan Alat .....	35
4.3 Data Hasil Percobaan Alat.....	38
4.4 Pembahasan.....	46

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	49

## **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN A (Code Program)**

### **LAMPIRAN B (Gambar P&ID Desalinasi)**

### **LAMPIRAN C (Tabel Pembacaan & Perhitungan Sensor)**

### **LAMPIRAN D (Datasheet Sensor Salinitas)**

### **LAMPIRAN E (Datasheet Sensor Ultrasonik HC-SR04)**

### **LAMPIRAN F (Datasheet Atmega1280)**

### **LAMPIRAN G (Datasheet Motor Servo MG996R Tower Pro)**

## **BIOGRAFI PENULIS**



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Proses desalinasi MSF.....	3
<b>Gambar 2.2</b>	Diagram Blok <i>Close Loop</i> .....	6
<b>Gambar 2.3</b>	Diagram Blok <i>Open Loop</i> .....	7
<b>Gambar 2.4</b>	Sinyal Digital .....	8
<b>Gambar 2.5</b>	Diagram Blok <i>Cascade Control</i> .....	8
<b>Gambar 2.6</b>	Gambat Tabel T Student .....	13
<b>Gambar 2.7</b>	Respon Orde Nol.....	14
<b>Gambar 2.8</b>	Respon Orde Satu.....	15
<b>Gambar 2.9</b>	Respon Orde dua.....	15
<b>Gambar 2.10</b>	Sensor Salinity .....	16
<b>Gambar 2.11</b>	Karakteristik Sensor Salinity .....	16
<b>Gambar 2.12</b>	Bentuk Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	17
<b>Gambar 2.13</b>	Tabel Spesifikasi Ultrasonik HC-SR04 .....	17
<b>Gambar 2.14</b>	Mikrokontroler Atmega 1280.....	18
<b>Gambar 2.15</b>	Motor Servo .....	19
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flowchart</i> Sistem .....	21
<b>Gambar 3.2</b>	Desain 3D Desalinasi .....	23
<b>Gambar 3.3</b>	Mekanik Plant Desalinasi.....	24
<b>Gambar 3.4</b>	<i>P&amp;ID Salinitas &amp; Level</i> .....	25
<b>Gambar 3.5</b>	Blok Pengendalian Salinitas & Level .....	26
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik Pembacaan Alat & Standar Salinitas.....	33
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik Pembacaan Alat & Standar Level .....	37
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik Respon Aktuator .....	38
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Respon Sistem .....	39
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik Respon Aktuator.....	39
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Respon Sistem .....	41

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 4.1</b> Hasil Uji Sensor Salinitas .....	32
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pembacaan Sensor Salinitas & Aktuator .....	38
<b>Tabel 4.3</b> Respon Sistem Salinitas.....	40
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik & Aktuator ....	41
<b>Tabel 4.5</b> Respon Sistem Ultrasonik.....	44

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan air laut bagi suatu proses pada pembangkit listrik tenaga uap merupakan hal yang diperhatikan. Air laut memiliki dampak yang kurang baik bagi instrument maupun komponen – komponen mesin karena dapat menyebabkan korosi. Banyak faktor yang dapat menyebabkan korosi suatu material, salah satu diantaranya yakni pengaruh konsentrasi media korosi. Pada media air laut, ion-ion klorida menjadi salah satu sumber masalah terhadap material yang mengalami korosi. Semakin banyak konsentrasi ion-ion klorida maka dapat mempercepat proses korosi yang terjadi di lingkungan laut.<sup>[1]</sup> Korosi hampir menyerang seluruh industri di dunia ini termasuk pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Faktor yang mempengaruhi korosi pada komponen-komponen boiler tersebut adalah letak dari PLTU yang bisanya berada di dekat pantai (*marine*) dan menggunakan air laut sebagai bahan bakar. Lingkungan laut memiliki kadar garam yang tinggi dimana kandungan ion  $\text{Cl}^-$  relatif tinggi. Secara teoritis ion  $\text{Cl}^-$  memang bukan bertindak sebagai agen pengkorosi seperti  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , dan sebagainya, namun keberadaan ion  $\text{Cl}^-$  ini dapat mempercepat reaksi korosi yang terjadi.<sup>[2]</sup>

Dampak korosi yang diakibatkan oleh air laut dapat diminimalisir atau bahkan dihindari dengan seiring perkembangan teknologi. Hal tersebut dapat dihindari dengan adanya proses desalinasi. Desalinasi adalah proses pemurnian atau pengurangan garam terlarut di dalam air laut yang lebih besar dari 1000 ppm hingga 40.000 ppm menjadi air tawar dengan konsentrasi garam terlarut di bawah 1000 ppm.<sup>[3]</sup>

Perancangan *mini desalination water plant* digunakan sebagai simulasi proses desalinasi disuatu industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada *mini desalination water plant* terdapat beberapa proses di dalamnya, salah satunya adalah simulasi pencampuran kadar garam pada tangki *storage inlet Heat Exchanger* dengan memanipulasi pengendalian *level*. Diharapkan konsentrasi yang dihasilkan oleh proses pencampuran kadar garam

dengan manipulasi *level* sebesar 15%. Oleh karena itu untuk menghasilkan produk dengan konsentrasi garam yang sesuai dengan *setpoint*, diambil judul pada tugas akhir ini mengenai pembuatan Rancang Bangun Pengendalian *Salinitas* dan *Level* pada Tangki *Storage Mini Plant Desalination Water Plant*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang sistem pencampuran kadar garam melalui pengendalian *level* pada tangki *storage mini desalination water plant* ?
2. Bagaimana proses sistem pencampuran kadar garam melalui pengendalian *level* pada tangki *storage mini desalination water plant* ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 Teknik Instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Merancang sistem pencampuran kadar garam melalui pengendalian *level* pada tangki *storage mini desalination water plant*
2. Mengetahui proses sistem pencampuran kadar garam melalui pengendalian *level* pada tangki *storage mini desalination water plant*

## 1.4 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini adalah

1. Fokus tugas akhir ini membahas tentang pencampuran larutan NaCl dan H<sub>2</sub>O, yang dikendalikan meliputi Level (H<sub>2</sub>O) dan Salinity (NaCl).
2. Direncanakan *microcontroller ATmega 1280* sebagai kontroler pada pengendalian *level & salinitas* ini, dengan sensor *level* berupa *ultrasonik* dan sensor *salinity*

## BAB II

### TEORI PENUNJANG

#### 2.1 Desalinasi

Desalinasi air laut memisahkan air tawar dari air laut. Proses desalinasi dapat dilakukan dengan destilasi atau *reverse osmosis*. Pemisahan air tawar dari laut atau air payau merupakan perubahan fase air, sedangkan *reverse osmosis* memisahkan air tawar dengan menggunakan perbedaan tekanan dan semi *permeable membrane*. Pada proses distilasi air laut atau air baku dipanasi agar air tawar yang terkandung di dalamnya mendidih dan menguap, kemudian uapnya di embunkan untuk memperoleh air tawar. Proses distilasi ini dapat menghasilkan air tawar berkualitas tinggi dibandingkan dengan kualitas air tawar yang dihasilkan oleh proses lain. Pada tekanan 1 atm air akan mendidih dan menguap pada suhu 100° C, namun air dalam alat penguapan (*evaporator*) mendidihkan dan menguap pada suhu kurang dari 100° C bila tekanan di dalam *evaporator* diturunkan dibawah 1 Atm atau dalam keadaan *vacuum*. Penguapan air memerlukan panas penguapan berupa panas latent yang terkandung dalam uap yang dihasilkan. Sebaliknya pada saat uap menyemburkan panas latentnya dilepaskan yang dapat memanasi air laut atau air baku umpan sebagai pemanasan pendahuluan (*preheating*) atau menguapkannya.

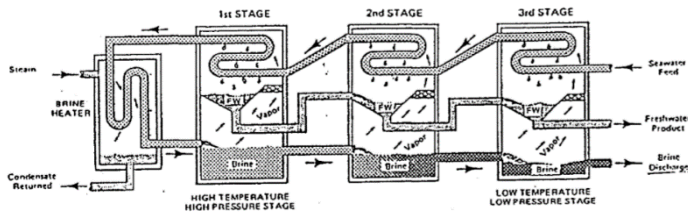
Pada proses distilasi, air laut atau air baku digunakan sebagai bahan air umpan pembuatan air tawar maupun sebagai media pendingin, dengan jumlah yang diperlukan kurang dari 8-10 kali dari jumlah air tawar yang dihasilkan. Uap dari ketel uap atau sumber lain digunakan sebagai pemanas dengan tekanan 2-3,5 kg/cm dan penjalan ejector dengan tekanan 10-12 kg/cm. pada umumnya jumlah uap untuk pemanasan antara 1/8 sampai 1/6 dari jumlah air tawar yang dihasilkan, perbandingan antara jumlah air tawar yang dihasilkan dengan jumlah uap yang diperlukan disebut *performance ratio* (PR) dalam proses



*reverseosmosis* atau *Gained Output Ratio* (GOR) dalam proses distilasi.<sup>[3]</sup>

### 2.1.1 Multi Stage Flash Distillation (MSF)

Prinsip dasar desalinasi MSF adalah pemanasan air laut secara progresif hingga suhu maksimum operasi 90~130°C, kemudian di *flashing* dalam beberapa tingkat operasi pada tekanan yang lebih rendah secara progresif. Uap yang dihasilkan dari setiap tingkatnya di kondensasikan dengan metoda penukar panas oleh air umpan. Sumber uap utama dapat disuplai dari panas sisa yang dihasilkan oleh pembangkit listrik seperti tenaga uap ataupun PLTN. Gambar proses desalinasi MSF dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.1** Proses desalinasi MSF

Ada 2 prinsip pengaturan di dalam MSF yang ada pada gambar 2.1 , yaitu *brine recycle system* dan *once-through system*. Dimana sebagian besar proses MSF yang beroperasi berdasarkan *brine recycle system* karena pada saat itu material yang tahan korosi belum banyak tersedia di pasaran. Di dalam *brine recycle system*, air umpan yang digunakan sebagai pendingin sebagian besar dibuang dan sebagian kecil saja yang kemudian digunakan sebagai air umpan yang besarnya dua setengah air produk. Jumlah air umpan yang dibutuhkan untuk menghasilkan air produk dengan jumlah tertentu (yang bergantung pada perbedaan temperatur) disirkulasi dan dijaga kegaramannya harus dibawah maksimum, dimana pada proses ini dibutuhkan pompa yang sangat berperan di dalam proses desalinasi. Di dalam sistem *once-*

*through*, semua air pendingin dideaerasi pada tingkat pertama dan aditif diinjeksikan sebelum air umpan tersebut dialirkan ke dalam sistem.<sup>[4]</sup>

## 2.2 Teori Salinitas / Konsentrasi Larutan Garam

Salinitas adalah jumlah berat semua garam yang terlarut dalam satu liter air biasanya dinyatakan dengan satuan (permil, gram perliter). Konsentrasi dapat diartikan sebagai ukuran yang menentukan banyaknya zat yang berada di dalam suatu campuran dan dibagi dengan volume total pada campuran tersebut. Biasanya konsentrasi dinyatakan pada satuan fisik, seperti halnya satuan volume, satuan kimia, ataupun satuan berat seperti mol, ekuivalen dan massa rumus. Pada umumnya di bidang kimia, persen digunakan untuk menyatakan konsentrasi suatu larutan. Persen konsentrasi dapat dibagi menjadi persen volume dan persen berat. Berikut merupakan persamaan untuk mengukur persen berat dan persen volume.<sup>[5]</sup>

a) Persen Berat

$$\%Berat = \frac{\text{gram zat terlarut}}{\text{gram terlarut}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

b) Persen Volume

$$\%Volume = \frac{\text{volume terlarut}}{\text{volume total}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

## 2.3 Sistem Pengendalian

Sistem pengendalian merupakan sebuah sistem yang mempertahankan sebuah nilai keluaran dari suatu variabel proses sesuai dengan yang diinginkan (*set point*). Tujuan dari sistem pengendalian yaitu untuk menjaga kualitas dan kuantitas suatu proses. Ada beberapa alasan sebuah industri memerlukan suatu sistem pengendalian. Pertama, karena sistem ini dapat mengurangi *human error* yang dihasilkan pada saat pengoperasian sistem dan meningkatkan tingkat keamanan bagi pekerja. Kedua, sistem otomatis dari sistem pengendalian mengurangi jumlah operator sehingga akan menekan biaya

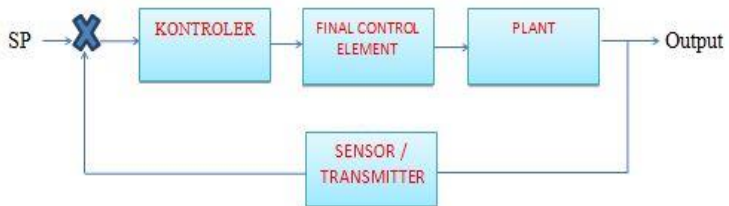
pengeluaran perusahaan. Ketiga, menerapkan sistem ini tentu akan lebih efisien karena dengan menggunakan kontrol, maka setiap perubahan akan direspon lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan operator manual.

Terdapat beberapa jenis sistem pengendalian. Dalam hal ini terdapat berbagai klasifikasi sistem pengendalian. Salah satunya yaitu *On-Off control system* dan *modulating control system*. Sistem pengendalian On-Off biasa dikenal sebagai sistem pengendalian digital, *binary*, diskrit, dan juga sekuensial. Sedangkan *modulating control system* meliputi seperti sistem pengendalian analog dan kontinyu. Ada pula sistem pengendalian bertingkat seperti *cascade*, *ratio*, *feedforward*, maupun *split range*. Selain itu terdapat pula beberapa sistem pengendalian yaitu prngrndalian *open loop* dan *close loop*.

Semua jenis sistem pengendalian tersebut memiliki ciri dan fungsi masing-masing. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan adanya suatu sistem pengendalian, maka dapat diperoleh suatu nilai (kuantitas) dari variabel proses yang diinginkan secara otomatis sebagaimana sistem ini telah banyak digunakan di dunia industri seperti pada bidang *geothermal*, *oil and gas*, pabrik – pabrik, dan lain – lain.

### 2.3.1 Sistem Pengendalian *Close - Open Loop*

Secara umum sebuah sistem pengendalian divisualisasikan berupa diagram blok seperti gambar berikut untuk mengetahui *loop* dari sistem. Adapun contoh dari diagram blok yaitu pada sistem pengendalian *close loop* dan *open loop*.



**Gambar 2.2** Diagram Blok *Close Loop*



**Gambar 2.3** Diagram Blok *Open Loop*

Dalam sistem pengendalian tertutup, sistem ini terdiri dari tiga elemen penting yaitu kontroler, *final control element*, dan sensor atau *transmitter*. Ketiga elemen tersebut saling berkaitan dengan sebuah *plant* yang merupakan tempat berlangsungnya fluida baik fluida cair atau gas yang sedang dikendalikan. Sensor atau *transmitter* digunakan untuk mengukur kuantitas variabel proses pada sebuah *plant* dan kemudian akan mentransmisikannya ke kontroler. Apabila nilai yang diperoleh tidak memenuhi yang diinginkan (*set point*), maka *final control element* akan memanipulasi kuantitas variabel proses tersebut atas instruksi yang diberikan kontroler sehingga mencapai *set point* atau eror sama dengan nol. Proses ini akan berjalan terus menerus hingga *set point* tercapai. Sedangkan untuk pengendalian terbuka dapat dikatakan bila sistem pengendalian ini tidak membutuhkan sensor atau *transmitter*. Perbedaan antara keduanya adalah sistem *close loop* memerlukan *feedback* (umpan balik berupa sensor atau *transmitter*), sedangkan pada sistem *open loop* tidak.

### 2.3.2 Sistem Pengendalian *On-Off*

Sistem pengendalian *on-off* merupakan sistem pengendalian yang hanya memiliki *final control element* dengan dua kondisi saja, yaitu nyala dan mati saja. Sistem ini biasa disebut dengan sistem digital, karena dapat digambarkan dalam bentuk biner (0 dan 1). Pada kondisi *active high*, 0 adalah kondisi mati dan 1 nyala. Sebaliknya pada *active low*, 0 adalah kondisi hidup dan 1 mati.



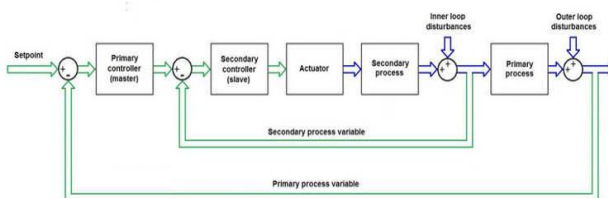
**Gambar 2.4** Sinyal Digital

Sistem ini dapat berasal dari sensor analog maupun sesama digital. Pada umumnya aplikasi mode kontrol ini yaitu untuk keperluan *safety*. Namun juga dapat digunakan untuk proses. Bergantung pada cara pengkondisiannya. Kontroler yang digunakan dapat berupa PLC maupun mikrokontroler.

### 2.3.3 Sistem Pengendalian *Cascade*

Sistem *cascade* adalah suatu fungsi kontrol yang terdiri dari dua elemen kontrol dan keluaran dari salah satu kontroler akan menjadi *set point* bagi kontroler yang lain. Dalam hal ini kontroler pertama disebut dengan *primary controller (master)* dan kontroler kedua disebut dengan *secondary controller (slave)*. Keluaran dari *primary controller* akan menjadi *set point* bagi *secondary controller*.

Sistem ini digunakan ketika terdapat variabel yang saling terkait satu sama lain, yaitu ketika keluaran dari salah satu variabel mempengaruhi nilai dari variabel yang lain. Sehingga hal ini dapat mengganggu proses dan mengurangi efektivitas. Dengan adanya sistem *cascade* ini, maka sebuah sistem dengan kombinasi antar variabel dapat bekerja dengan efektif dan meningkatkan respon atas perubahan pada suatu proses.<sup>[6]</sup>



**Gambar 2.5** Diagram Blok *Cascade Control*

## 2.4 Sensor dan Transmitter

Setiap variabel proses memiliki elemen tersendiri untuk melakukan proses pengukuran dan transmisi. Pada umumnya untuk melakukan transmisi diperlukan sebuah sensor untuk mengubah suatu besaran fisis satu menjadi besaran lainnya yang dalam hal ini merupakan besaran standar yang dapat berupa tegangan (1–5 Volt), arus (4 – 20 mA), maupun tekanan (3-15 psi). Kemudian dari pengukuran dari sensor tersebut akan ditransmisikan oleh sebuah *transmitter* ke kontroler yang akan dibaca sebagai eror. Pada dasarnya di dalam *transmitter* terdapat *transducer*. *Transducer* tersebut yang akan mengubah besaran-besaran yang di-*sensing* menjadi besaran standar. Sehingga, dengan ini dapat dikatakan bahwa *transducer* pada *transmitter* ini berupa sensor. Namun perlu diingat bahwa *transducer* tidak hanya berupa sensor. Banyak terdapat *transducer* selain sensor.

Dalam aplikasinya, pemilihan sensor ditentukan oleh spesifikasi dan karakteristik statik dari suatu jenis sensor. Karakteristik sensor tersebut seperti *range*, *span*, akurasi, presisi, sensitivitas, dan lain-lain. Adapun pengertian dari setiap karakteristik statik adalah sebagai berikut:

- a. *Range*  
Adalah jangkauan nilai pengukuran terhadap suatu besaran atau variabel proses. Contoh *range* suatu pengukuran temperatur 0 – 100 °C
- b. *Span*  
Adalah selisih dari nilai maksimum terhadap minimum. Contoh pada pengukuran tekanan memiliki range 10 – 50 psi, maka, span diperoleh sebesar 40. (50 psi – 10 psi)
- c. Akurasi  
Adalah seberapa dekat suatu nilai hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya
- d. Presisi  
Adalah seberapa konsisten suatu nilai hasil pengukuran pada satu waktu satu dengan waktu yang lain (pada saat waktu yang berbeda).

- e. Sensitivitas  
Adalah seberapa kecil suatu perubahan suatu variabel proses yang dapat diukur sensor.
- f. Resolusi  
Adalah nilai terkecil yang dapat dibaca suatu sensor.<sup>[7]</sup>

## 2.5 Ketidakpastian Pengukuran

Suatu parameter yang berhubungan dengan hasil pengukuran yang mengkarakteristikan (memberikan sifat) penyebaran nilai-nilai layak dikaitkan dengan besaran ukur. Dalam perhitungan ketidakpastian pengukuran ada beberapa langkah yang harus dihitung antara lain :

### a. Koreksi

koreksi dapat diperoleh dengan persamaan berikut  
koreksi = pembacaan standart – pembacaan alat

### b. Standart Deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$Y_i$  = koreksi alat ukur

$\bar{Y}_i$  = rata-rata koreksi

$N$  = banyak range pengukuran

### c. Analisa Type A, ( $U_a$ )

Pada analisa tipe A ini hasilnya diperoleh dari data pengukuran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(2.4)$$



**d. Ketidakpastian  $U_{a2}$** 

Ketidakpastian  $U_{a2}$  dapat dihitung dengan persamaan :

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \text{ (Ketidakpastian regresi).....(2.5)}$$

**e. Analisa type B,  $U_b$** 

Analisa type B ini diperoleh berdasarkan sertifikat kalibrasi atau spesifikasi dari alat ukur. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$U_{B1}$  (Ketidakpastian resolusi) :

$$\frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \text{.....(2.6)}$$

$U_{B2}$  (Ketidakpastian resolusi) :

$$\frac{a}{k} \text{.....(2.7)}$$

**f. Ketidakpastian Kombinasi,  $U_c$** 

$U_c$  merupakan ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \text{.....(2.8)}$$

Dimana :

$U_c$  = Nilai ketidakpastian kombinasi

$U_{A1}$  = Nilai ketidakpastian hasil pengukuran

$U_{A2}$  = Nilai ketidakpastian regresi

$U_{B1}$  = Nilai ketidakpastian resolusi

$U_{B2}$  = Nilai ketidakpastian kalibrator

**g. Ketidakpastian di perluas**

$U_c$  merupakan ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$U_c$  = Nilai ketidakpastian kombinasi

$U_{A1}$  = Nilai ketidakpastian hasil pengukuran

$U_{A2}$  = Nilai ketidakpastian regresi

$U_{B1}$  = Nilai ketidakpastian resolusi

$U_{B2}$  = Nilai ketidakpastian kalibrator

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui *Uexpand*. Persamaan *Uexpand* adalah :

$$U_{expand} = K. U_c \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

k = Faktor cakupan

$U_c$  = Nilai ketidakpastian kombinasi

Untuk mencari nilai k, maka melihat table t student sesuai dengan *confidence level* 95%. Tabel T *student* dapat dilihat pada gambar berikut :

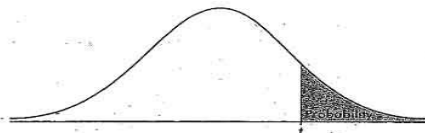


TABLE B: F-DISTRIBUTION CRITICAL VALUES

df	Tail probability p										
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	15.89	31.82	63.66	127.3	318.3
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.09	22.33
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453	10.21
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773	5.893
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029	4.785
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833	4.501
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497	4.025
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.930
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.733
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.552
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135	3.527
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.483
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078	3.450
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771	3.057	3.421
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.385
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307
50	.679	.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937	3.261
60	.679	.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232
80	.678	.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.193
100	.677	.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174
1000	.675	.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098
∞	.674	.841	1.036	1.282	1.645	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091
Confidence level C											

Gambar 2.6 Tabel T student

h. **V efektif**

$$V_{eff} = \frac{(u_c)^4}{\sum (u_i)^4 / v_i} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana

$V_{eff}$  : Derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian kombinasi

$V_i$  : Derajat kebebasan dari komponen ketidakpastian ke-i

$U_i$  : Hasil ketidakpastian tipe A dan B

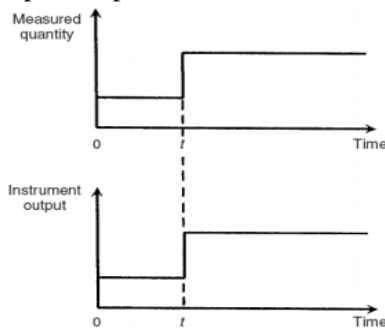
### 2.5.1 Karakteristik dinamik

Karakteristik dinamik dari sebuah alat ukur menggambarkan perilakunya antara waktu yang terukur dengan perubahan nilai dan waktu ketika sebuah alat output mencapai nilai stabil. Nilai karakteristik dinamik dikutip dalam lembar instrumen data hanya berlaku pada saat instrumen yang digunakan dalam kondisi lingkungan tertentu.

Karakteristik dinamik dikelompokkan menjadi tiga orde diantaranya:

1. Instrument orde nol

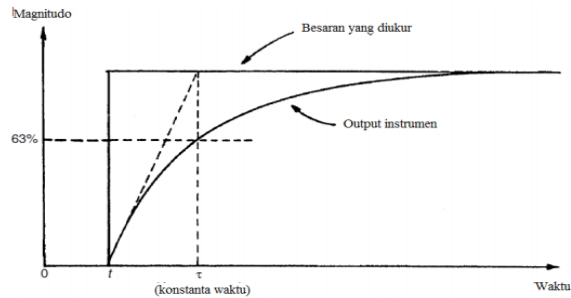
Pada Instrument orde nol, ketika ada perubahan input pengukuran, output akan bergerak cepat menuju nilai baru sehingga mendekati respon *step*. Berikut ini merupakan respon output orde nol



**Gambar 2.7** Respon orde nol

2. Instrument orde satu

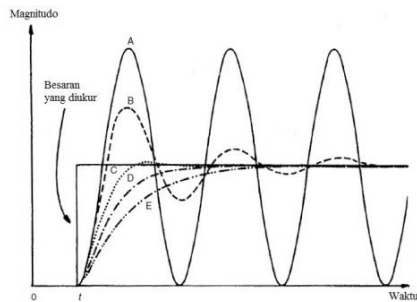
Pada instrument orde satu, saat ada perubahan step input pengukuran, output instrumen berubah secara gradual (tidak secara tiba-tiba seperti instrumen orde nol) dan membutuhkan waktu untuk mencapai kondisi yang sama dengan nilai besaran yang diukur. Pada orde ini nilainya dipengaruhi oleh karakteristik statik instrumen.



**Gambar 2.8** Respon Orde Satu

3. Instrument orde dua

Pada instrument orde dua ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya rasio redaman, sensitivitas statik, dan frekuensi natural tak teredam. Redaman sangat mempengaruhi respon terhadap perubahan step input. Bentuk respon step besaran output yang diperoleh bergantung pada nilai parameter rasio redaman.<sup>[8]</sup>



**Gambar 2.9** Respon Orde Dua

## 2.6 Sensor Kadar Garam (*Salinity*)



**Gambar 2.10** Sensor Salinity

Sensor salinitas diatas merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suatu besaran fisis kadar garam & TDS. Sensor salinitas yaitu 2 elektroda yang dicelupkan pada suatu larutan (yang mengandung kadar garam) dan kemudian dialiri arus listrik. Daya hantar listrik larutan ini yang kemudian akan menjadi masukan pada rangkaian ADC.<sup>[9]</sup>

Parameter	Simbol	Min	Max	Units
Tegangan masukan	Vcc		5.0	V
Tegangan operasional	Vcc	3.0	4.7	V
Tegangan keluaran	ADC	0	1023	ADC
Respon waktu	t	0.1	0.3	s
Sensitivitas	Vcc	0.1	0.5	V

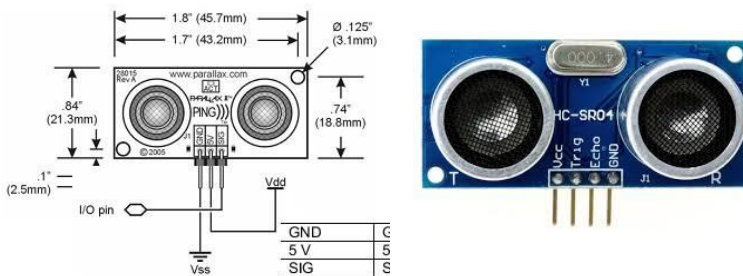
**Gambar 2.11** Karakteristik Sensor Salinity

## 2.7 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ini merupakan sensor ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur

jarak benda dari 2 cm – 4 m dengan akurasi 3mm. Alat ini memiliki 4 pin, pin Vcc, Gnd, Trigger, dan Echo. Pin Vcc untuk listrik positif dan Gnd untuk ground-nya. Pin Trigger untuk trigger keluarnya sinyal dari sensor dan pin Echo untuk menangkap sinyal pantul dari benda.

Cara menggunakan alat ini yaitu: ketika kita memberikan tegangan positif pada pin Trigger selama 10uS, maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz. Selanjutnya, sinyal akan diterima pada pin Echo. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut. <sup>[10]</sup>



**Gambar 2.12** Bentuk sensor Ultrasonik HC-SR04

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

**Gambar 2.13** Tabel Spesifikasi sensor Ultrasonik HC-SR04

## 2.8 ATmega 1280



**Gambar 2.14** Mikrokontroler Atmega 1280

ATmega1280 pada gambar 2.14 diatas merupakan IC microcontroller 8 bit yang merupakan produksi dari Atmel Corporation. Bentuk fisik dari ATmega1280 berupa IC SMD (Surface-Mount Device) yang memiliki 100 buah kaki yang dikemas dalam bentuk Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP). ATmega1280 memiliki beberapa fasilitas pendukung yang tepat digunakan sebagai kontroler multi servo untuk Quadropod Robot yaitu 4 buah timer 16 bit untuk mengontrol masing-masing kaki Quadropod Robot, 128 Kilo Byte memori yang dapat diprogram, kecepatan eksekusi program per detik sebesar 16 MIPS (million instructions per second) sehingga dapat menjalankan instruksi yang telah diprogram, dengan sangat cepat. Gambar 2 merupakan bentuk fisik dari ATmega1280. Ukuran panjang dan lebar ATmega1280 adalah 16mm x 16mm, ukurannya yang kecil dapat memperkecil ukuran rangkaian minimum sistem yang digunakan.<sup>[11]</sup>



## 2.9 Servo valve



**Gambar 2.15** Motor Servo

Motor servo pada gambar 2.15 diatas adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Disini motor servo akan di bentuk menjadi *Servo Operated Valve* sebagai aktuator. Dimana pada *plug* di pasang *ball valve*. Dengan kondisi bukaan valve sebesar 90 derajat sehingga valve akan terbuka 100 persen.<sup>[12]</sup>

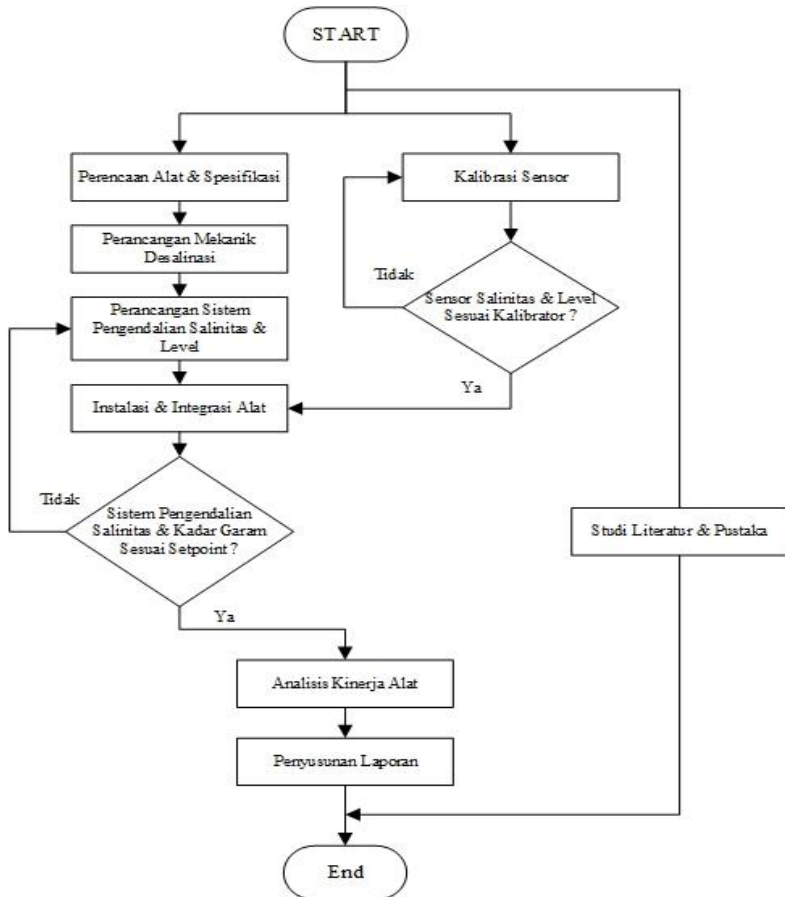


*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1 Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem pada tugas akhir ini memiliki langkah-langkah sebagai berikut ini yang dibuat dalam bentuk *flowchart*:



**Gambar 3.1** Flowchart Sistem

### 3.2 Metodologi Pengerjaan

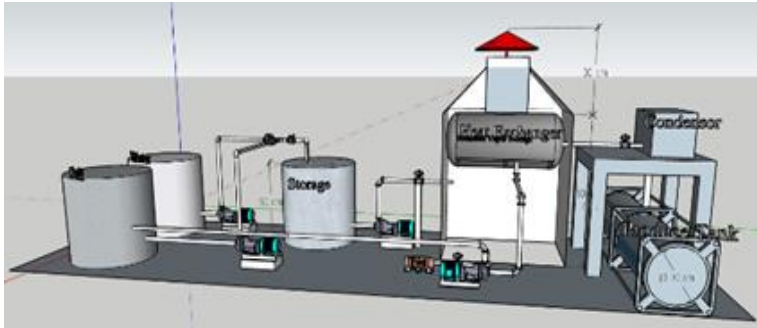
Adapun penjelasan dari langkah-langkah *flowchart* diatas yaitu:

**3.2.1 Studi Literatur & Pustaka** dilakukan kajian terhadap metode-metode, konsep, atau teori yang terkait dengan tugas akhir yang dilakukan, baik yang bersumber dari jurnal, laporan penelitian, maupun buku-buku yang memiliki bahasan yang sesuai dengan tema tugas akhir ini.

**3.2.2 Perencanaan Alat & Spesifikasi** adapun pada tahap ini alat dan bahan yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sensor Tds/Salinitas
2. Sensor Ultrasonik HC - SR04
3. Motor Servo Valve
4. Elbow PVC ½ inch
5. 3-Ways PVC ukuran ½ inch
6. Napple PVC Drat Luar & Dalam ½ inch
7. Sock PVC ½ inch
8. Pompa Air
9. Storage Tank
10. Tangki Air & Tangki NaCl
11. Pipa PVC ½ inch
12. Mikrokontroller Atmega 1280

**3.2.3 Perancangan Mekanik Desalinasi** dilakukan dalam pengerjaan judul tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.2** Desain 3D Desalinasi

Pada gambar 3.2 diatas menjelaskan proses desalinasi yang diterapkan pada Mini Desalination Water Plant merupakan proses desalinasi yang menggunakan metode penguapan (evaporasi). Penguapan (evaporasi ) adalah perubahan suatu zat cair menjadi uap pada beberapa suhu dibawah titik didihnya. Penguapan (evaporasi) terjadi dikarenakan diantara molekul – molekul yang dekat dengan permukaan zat cair tersebut selalu terdapat cukup energi panas untuk mengatasi gaya kohesi sesama molekul kemudian melepas. Kecepatan penguapan bergantung pada suhu zat cair tersebut, seberapa kuat ikatan antar molekul dalam zat cair tersebut, luas permukaan zat cair, suhu, tekanan, dan pergerakan udara di sekitar hingga penguapan tersebut dapat terjadi. Pada proses mini desalination water plant terjadi beberapa proses yang menyebabkan terjadinya perubahan fasa, Proses tersebut antara lain:

1. Proses pencampuran air dan larutan garam pada *storage* untuk menghasilkan kadar garam yang dibutuhkan sebelum memasuki proses desalinasi.
2. Proses air dengan kadar garam yang telah ditentukan memasuki heat exchanger agar suhu pada air meningkat pada suhu 125° Celcius.

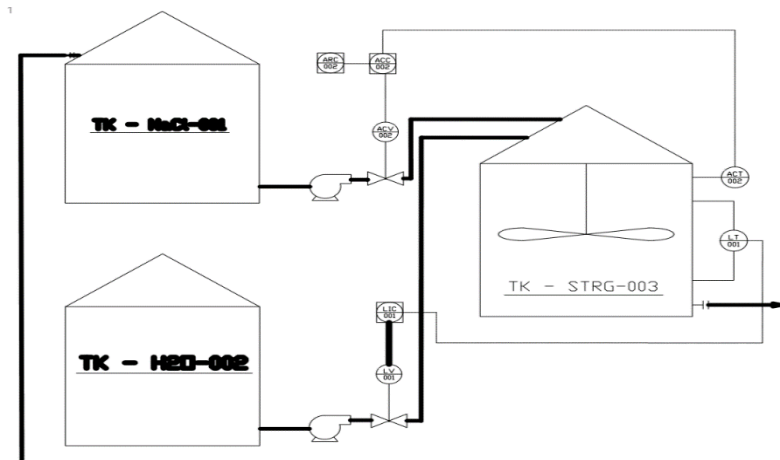
3. Proses air memasuki tangki *saturated vapor storage*, pada proses ini terjadi proses penguapan dan perubahan fase pada air bersuhu  $125^{\circ}$  Celcius menjadi uap.
4. Proses uap dari tangki *saturated vapor storage* menuju ke kondensor melalui sebuah pipa yang menghubungkan tangki dengan kondensor.
5. Proses uap mengalami perubahan fase pada kondensor, yaitu fase uap kembali pada fase cair melalui kondensor yang selanjutnya air yang berupa *raw water* dari kondensor akan ditampung pada suatu *storage* dengan kondisi kadar garam pada air telah berkurang karena telah berkurang setelah melalui proses desalinasi.



**Gambar 3.3** Mekanik Mini Plant Desalination Water

Pada proses mini desalination water plant terdapat beberapa variabel proses yang perlu dikendalikan, yaitu antara lain pengendalian salinitas dan level pada storage inlet Heat Exchanger, pengendalian cascade pada flow inlet dan temperature outlet Heat Exchanger, pengendalian temperature pada burner, pengendalian level saturated vapor storage, pengendalian temperatur pada kondensor, dan monitoring beberapa variabel yaitu salinitas, temperatur, level dan pH.

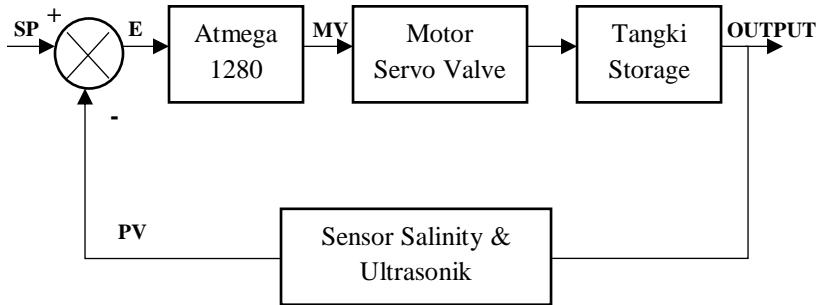
### 3.2.4 Perancangan Sistem Pengendalian Salinitas & Level



**Gambar 3.4** P&ID Pengendalian Salinitas dan *Level*

Rancang Bangun Sistem Pengendalian Salinitas dan *Level Storage Tank* pada gambar 3.4 adalah sebuah rangkaian *instrument* dari beberapa komponen mekanik dan elektrik yang membentuk suatu sistem pengendalian pada *Mini Desalination Water Plant*, yang bertujuan untuk menjaga konsentrasi garam didalam tangki sebesar 15% dengan mengendalikan *level* didalam tangki. Perancangan sistem pengendalian ini terdiri dari beberapa hal yang harus diperhatikan agar sistem pengendalian sesuai dengan yang kita inginkan. Dalam merancang sistem pengendalian ini hal yang paling penting adalah pemilihan mode kontrol yang sesuai. Berikut merupakan diagram blok close-loop sistem pengendalian Salinitas dan Level Pada Tank Storage Mini Desalination Water Plant:





**Gambar 3.5** Diagram Blok Pengendalian Salinitas dan Level

Pada diagram blok pengendalian *Salinity & Level* diatas tangki *storage* harus dijaga sehingga proses pencampuran konsentrasi garam tetap berjalan dengan baik dengan *set point* sebesar 39,48 cm. Untuk menjaga kualitas konsentrasi kadar garam air pada tangki *storage level* air harus tetap pada *set point* agar perbandingan 2 masukan yaitu larutan NaCl (5,9 cm) dan H<sub>2</sub>O (33,55 cm) dalam tangki terjaga. Pengendalian salinitas dan *level* pada tangki *storage* ini difungsikan sebagai simulasi untuk menghasilkan air laut dimana menjadi *supply* untuk *Heat Exchanger*. Tangki Storage ini juga dilengkapi dengan level glass sebagai indikator dari ketinggian air dan digunakan untuk peletakkan sensor. Berikut merupakan perhitungan konsentrasi kadar garam didalam tangki :

**1. Perhitungan Pencampuran Kadar Garam & Air**

- Volume Tangki Storage =  $\pi r^2 t$   
 $= 3,14 \cdot 22\text{cm} \cdot 22\text{cm} \cdot 62\text{cm}$   
 $= 94225,12 \text{ cm}^3$   
 $= 94,225 \text{ dm}^3 / \text{L}$

Perhitungan diatas merupakan volume air total dari tangki storage dimana untuk pencampuran kadar garam dan air hanya membutuhkan volume sebesar 60 L dengan konsentrasi 15%

perbandingan hitungan dibawah ini :

- $\text{Volume} = \pi r^2 t_{\text{total}}$   
 $60000\text{cm} = 3,14 \cdot 22 \cdot 22 \cdot t_{\text{total}}$   
 $60000\text{cm} = 1519,8\text{cm} \cdot t_{\text{total}}$   
 $t_{\text{total}} = \frac{60000\text{cm}}{1519,8\text{cm}}$   
 $= 39,48 \text{ cm}$
- Persentase Volume 15%

$$\% \text{Volume} = \frac{\text{volume terlarut}}{\text{volume total}} \times 100\%$$

$$15\% = \frac{\text{volume terlarut}}{60 \text{ L}} \times 100\%$$

$$\text{Volume terlarut} = 9 \text{ L}$$

- $\text{Volume} = \pi r^2 t_{\text{NaCl}}$   
 $9000\text{cm} = 1519,8 \cdot t_{\text{NaCl}}$   
 $T_{\text{NaCl}} = \frac{9000\text{cm}}{1519,8\text{cm}}$   
 $= 5,9 \text{ cm}$
- $\text{Tinggi Total} = T_{\text{Air}} + T_{\text{NaCl}}$   
 $T_{\text{Air}} = 39,48\text{cm} - 5,9\text{cm}$   
 $= 33,9 \text{ cm}$

**3.2.5 Kalibrasi Sensor** pada tahap ini pengambilan data untuk karakteristik statik dan kalibrasi merupakan tahap dimana melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem pengendalian yang telah dibuat, dengan adanya data tersebut dapat diketahui performansi sistem pengendalian. Pada karakteristik statik alat yang dicari yaitu nilai *range*, *span*, resolusi, sensitivitas, *non-linieritas*, *hysteresis*, serta akurasi. Sedangkan untuk data kalibrasi digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran ketika menggunakan perangkat sistem pengendalian untuk arus dan tegangan *input-output* ini. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data karaktersitik statik:

- Nilai *range*, *span*, dan resolusi sistem pengendalian dicatat sesuai spesifikasi sensor arus dan tegangannya.
- Nilai sensitivitas ditentukan dengan rumus:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I}$$

- Nilai *linieritas* ditentukan dengan rumus:

$$O - O_{min} = \left[ \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \right] (I - I_{min})$$

$$O_{ideal} = KI + \alpha$$

Dimana:

$$K = \text{Kemiringan garis lurus ideal} = \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}}$$

$$\alpha = \text{Koefisien garis lurus ideal} = O_{min} - KI_{min}$$

- Histerisis ditentukan dengan melakukan pengambilan data input naik dan turun, dengan persamaan histerisis:

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}$$

$$\% \text{ Maksimum Histerisis} = \frac{H}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\%$$

- Nilai akurasi ditentukan dari pembacaan alat dengan pembacaan standar, nilai akurasi ditentukan dari nilai kesalahan akurasi dengan persamaannya, yaitu:

$$A = 1 - \left| \text{Rata - Rata} \frac{(\text{Pemb. std} - \text{Pemb. alat})}{\text{Pemb. std}} \right|$$

**3.2.6 Instalasi & Integrasi Alat** pada tahap ini dilakukan setelah sistem mekanik dan sistem elektrik sudah bisa digunakan. Maka Sistem elektrik dalam tugas akhir ini merupakan gabungan antara

sensor Tds/Salinity, sensor *ultrasonic*, mikrokontroler ATmega 1280 dan Module LCD .

**3.2.7 Analisis Kerja Alat** pada tahap ini setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai, kemudian dilakukan analisa data dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi dan sistem pengendalian. Data hasil uji alat pada Tugas Akhir kali ini akan dicantumkan dalam BAB 4.

**3.2.8 Penyusunan Laporan** pada tahap ini setelah semua hasil yang diinginkan tercapai, kemudian semua hasil mulai dari studi literatur sampai dengan analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS**

Setelah perancangan sistem pengendalian salinitas & level pada tangki storage desalinasi dibuat maka pengujian baik dari *hardware*, *controlling*, dan *software* perlu dilakukan. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data-data dari alat yang dirancang guna mengetahui spesifikasi serta performansi dari alat secara keseluruhan dan seberapa besar *error* atau kesalahan yang terjadi pada alat berdasarkan respon sistem dari nilai setpoint yang diberikan.

Secara mekanisme kerja dari perancangan sistem pengendalian salinitas & level pada tangki storage desalinasi ini menjaga konsentrasi kadar garam dengan memanipulasi ketinggian air pada tangki storage. Pada sistem pengendalian ini menggunakan 2 sensor yaitu sensor salinitas dan ultrasonik yang dipasang pada tangki storage. Sensor ultrasonik yang dipakai pada sistem ini adalah jenis ultrasonik HC-SR04 dan sensor kadar garam menggunakan sensor TDS/Salinity. Hasil koreksi, pengukuran, serta perhitungan oleh kontroler akan memberi perintah berupa eksekusi bagi kedua motor servo sebagai aktuator untuk membuka atau menutup *valve* dalam sistem pengendalian salinitas & level.

#### **4.1 Pengujian Sensor TDS/Salinity**

Uji sensor salinitas dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengukuran alat standar TDS & EC Meter dengan nilai pembacaan dari sensor salinitas yang hasil pengukurannya dalam bentuk bilangan digital yang ditampilkan pada *display* (LCD), kedua alat ukur tersebut direndam pada gelas yang berisi air garam dengan tingkat kekeruhan yang berbeda. Untuk pengambilan data/nilai hasil pengukuran diambil sebanyak 10 pembacaan dengan media air garam berbeda didalam gelas uji sensor. Berikut merupakan tabel hasil pengujian sensor pada

*salinitas* yang dibandingkan dengan TDS & EC Meter sebagai alat uji standar :

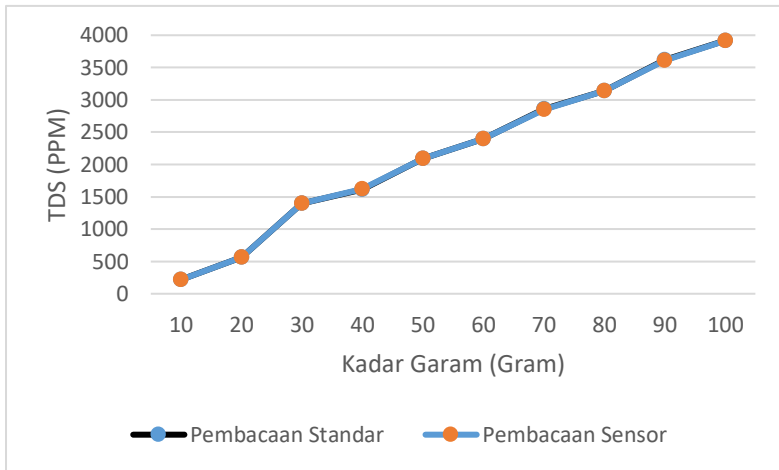
**Tabel 4.1** Hasil Uji Sensor Salinitas

Garam (gr)	Pembacaan Standart TDS	Pembacaan Sensor TDS
10	218	217
20	565	563
30	1398	1396
40	1615	1617
50	2093	2092
60	2394	2399
70	2855	2851
80	3139	3137
90	3617	3612
100	3917	3915
Rata <sup>2</sup>	2181,1	2179,9

Nilai karakteristik statik dari sensor adalah sebagai berikut:

- Range = 218 - 3917
- Span = 3699
- Akurasi =  $1 - \left| \frac{\text{rata-rata pembacaan standar} - \text{alat}}{\text{rata-rata pembacaan standar}} \right|$   
 $= 1 - \left| \frac{2181,1 - 2179,1}{2181,1} \right|$   
 $= 0,99$   
 % Akurasi =  $100 - (0,99 \times 100\%)$   
 $= 99\%$
- Error =  $1 - \text{Akurasi}$   
 $= 1 - 0,99$   
 $= 0,1$

Tabel 4.1 diatas merupakan pengujian sensor salinitas dibandingkan dengan kalibrator. Pengujian dilakukan dengan membandingkan alat ukur standar dengan alat uji, kedua alat ukur tersebut direndam pada gelas yang berisi air garam dengan tingkat kekeruhan yang berbeda. Dari table diatas diperoleh grafik perbandingan pembacaan standar dengan pembacaan alat.



**Gambar 4.1** Grafik Pembacaan Alat dan Standar

Pada gambar 4.1 merupakan grafik pembacaan alat dengan pembacaan standar. Dari grafik tersebut untuk garis warna hitam adalah pembacaan standar sedangkan warna merah pembacaan sensor dan dapat dilihat bahwa selisih antara pembacaan alat dengan standar nilainya sangat kecil.

#### 4.1.1 Perhitungan Ketidakpastian Pembacaan Alat

Perhitungan ketidakpastian pembacaan alat dilakukan untuk mengetahui apakah sensor salinitas yang digunakan masih bagus untuk dipakai pada sistem. Perlu dilakukan analisa dengan metode statistik (tipe A) dan metode statistik (tipe B).

Tipe A ditandai dengan adanya data pengukuran, selanjutnya dari data tersebut diperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi.



Terdapat 2 macam analisa tipe A yaitu UA1 dan UA2. UA1 merupakan ketidakpastian hasil pengukuran, sedangkan UA2 merupakan ketidakpastian regresi. Analisa Tipe B dibagi menjadi 2 bagian, yaitu ketidakpastian resolusi (UB1) dan ketidakpastian alat standar (UB2).

Dari semua sumber ketidakpastian tersebut dikombinasikan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian. Ketidakpastian gabungan biasa disebut dengan UC. Kemudian dicari nilai derajat kebebasan efektif ( $V_{eff}$ ) dan faktor cakupan ( $k$ ). Selanjutnya dihitung nilai dari ketidakpastian diperluas ( $U_{exp}$ ).

#### Perhitungan Ketidakpastian Hasil Pengukuran

$$b = \frac{n\sum(t_i.y_i) - \sum t_i.\sum y_i}{n\sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} = 0,00057$$

$$a = \bar{y} - (b \times \bar{t}) = -0,03987$$

$$SSR = \sum SSR = 1,2$$

$$UA1 = 0,2908$$

$$UA2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = 0,027$$

$$UB1 = \frac{\frac{1}{2} \cdot \text{resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{1/2 \times 0,001}{\sqrt{3}} = 0,00288$$

$$UB2 = \frac{2\% \cdot \text{maks pembacaan standar}}{2} = -95,594$$

$$UC = \sqrt{UA1^2 + UA2^2 + UB1^2 + UB2^2} = 0,292$$

$$V_{eff} = 6,51486$$

Nilai dari  $V_{eff}$  yaitu . Untuk mencari nilai  $k$  dapat dilihat pada tabel *T-Student*. Nilai dari  $k$  diketahui 2,0.

$$U_{exp} = k \times U_c = 0,808$$

$$\%U_{exp} = 80,84\%$$

Berdasarkan nilai dari perhitungan ketidakpastian diperluas ( $U_{exp}$ ), menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar  $\pm$ dengan

tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai dari ketidakpastian diperluas menjadi acuan pembacaan sensor.

## 4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Uji sensor ultrasonik dilakukan dengan cara membandingkan ultrasonik HC-SR04 dengan penggaris. Dilakukan pengujian kedua alat ukur dengan cara meletakkan kedua alat ukur diatas meja dan terdapat objek benda untuk diletakkan didepan sensor. Kemudian dilakukan pengukuran setiap kenaikan 5cm pada penggaris dengan pembacaan sebanyak 10x, pada tabel 4.1 didapatkan 20 data pengukuran yang telah dihasilkan.

Nilai karakteristik statik dari sensor adalah sebagai berikut:

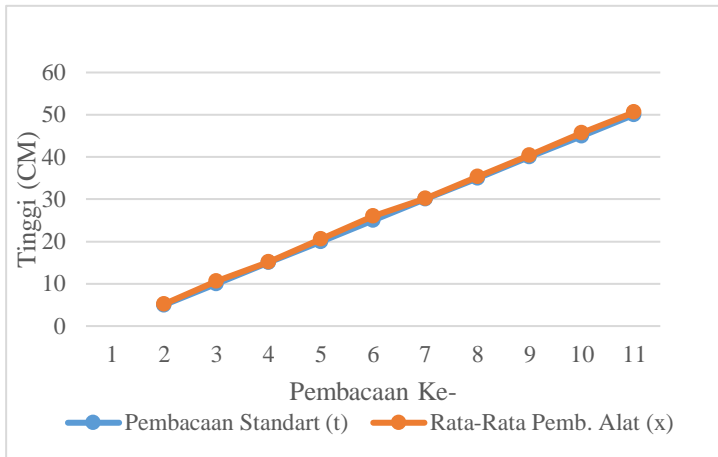
- Range = 5 cm – 50 cm
- Span = 45 cm
- K = 
$$\begin{aligned} &= \frac{\Delta O}{\Delta I} \\ &= \frac{51,9-4,7}{50-5} \\ &= \frac{47,2}{45} \\ &= 1,048 \end{aligned}$$
- *Non-Linearitas* (N (I)) = O (I) – (KI+a)  
I = standar ; O = alat  
a (*zero bias*) =  $O_{min} - KI_{min}$   
=  $4,7 - 1,048 \times 5$   
= 0,54

$$\begin{aligned} \text{Non-Linearitas maksimum per unit} &= \frac{K}{O_{max}-O_{min}} \times 100\% \\ &= \frac{0,42}{51,9-4,7} \times 100\% \\ &= 0,88\% \end{aligned}$$

- Akurasi =  $1 - \left| \frac{\text{rata-rata pembacaan standar-alat}}{\text{rata-rata pembacaan standar}} \right|$   
=  $1 - \left| \frac{27,5 - 28,924}{27,5} \right|$   
= 1,051  
% Akurasi =  $100 - (1,051 \times 100\%)$

- Error
  - = 98,9%
  - = 1 – Akurasi
  - = 1 – 0,989
  - = 0,011

Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak menggunakan sensor ultrasonik. Hasil dari pembacaan data sensor ultrasonik dibandingkan dengan penggaris standar. Pembacaan sensor dimulai dari jarak 5 cm-50 cm. Setiap pembacaan dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran. Dari pembacaan sensor tersebut didapatkan nilai rata-rata dari setiap pembacaan.



**Gambar 4.2** Grafik Pembacaan Alat dan Standar

**Gambar 4.2** merupakan grafik pembacaan alat dengan pembacaan standar. Dari grafik tersebut untuk garis warna biru adalah pembacaan standar sedangkan warna orange pembacaan sensor dan dapat dilihat bahwa selisih antara pembacaan alat dengan standar nilainya sangat kecil.

#### 4.2.1 Perhitungan Ketidakpastian Pembacaan Alat

Perhitungan ketidakpastian pembacaan alat dilakukan untuk mengetahui apakah sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan

masih bagus untuk dipakai pada sistem. Perlu dilakukan analisa dengan metode statistik (tipe A) dan metode statistik (tipe B).

Tipe A ditandai dengan adanya data pengukuran, selanjutnya dari data tersebut diperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi. Terdapat 2 macam analisa tipe A yaitu UA1 dan UA2. UA1 merupakan ketidakpastian hasil pengukuran, sedangkan UA2 merupakan ketidakpastian regresi. Analisa Tipe B dibagi menjadi 2 bagian, yaitu ketidakpastian resolusi (UB1) dan ketidakpastian alat standar (UB2).

Dari semua sumber ketidakpastian tersebut dikombinasikan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian. Ketidakpastian gabungan biasa disebut dengan UC. Kemudian dicari nilai derajat kebebasan efektif ( $V_{eff}$ ) dan faktor cakupan ( $k$ ). Selanjutnya dihitung nilai dari ketidakpastian diperluas ( $U_{exp}$ ).

$$\bar{x} = \frac{4,92+5,21+4,7+4,98+4,98+5,3+5,3+5,3+5,56+5,56}{10} = 5,22$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,07261}{9}} = 0,089$$

$$\text{Koreksi (y)} = \text{pemb. Standar (t)} - \text{pemb. Alat (x)} =$$

$$\bar{y} = \frac{-0,22-0,603-0,138-0,636-0,988-0,354-0,404-0,387-0,714-0,591}{10} = -5,035$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,057395}{9}} = 0,006$$

$$UA1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,006}{\sqrt{9}} = 0,002$$

$$b = \frac{n \sum (t_i \cdot y_i) - \sum t_i \cdot \sum y_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} = -0,004886$$

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{10} = \frac{275}{10} = 27,5$$

$$a = \bar{y} - (b \times \bar{t}) = -0,369133$$

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i) = -0,369133 + (-0,004886 \times t_i)$$

$$\text{Residu (R)} = y_i - Y_{reg}$$

$$SR = R^2$$

$$SSR = \sum SSR = 0,524709224$$

$$UA2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = 0,256102817$$

$$\begin{aligned}
 UB1 &= \frac{\frac{1}{2} \cdot \text{resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{1/2 \times 0,001}{\sqrt{3}} = 0,00029 \\
 UB2 &= \frac{2\% \cdot \text{maks pembacaan standar}}{2} \\
 &= 0,5 \\
 UC &= \sqrt{UA1^2 + UA2^2 + UB1^2 + UB2^2} \\
 &= 0,567420354 \\
 V &= n - 1, \text{ sehingga } V1 = ; V2 = 9 \\
 V3 &= \infty; V4 = 50 \\
 V_{\text{eff}} &= 68
 \end{aligned}$$

Nilai dari  $V_{\text{eff}}$  yaitu . Untuk mencari nilai  $k$  dapat dilihat pada tabel *T-Student*. Nilai dari  $k$  diketahui 2,0.

$$\begin{aligned}
 U_{\text{exp}} &= k \times U_c \\
 &= 2 \times 0,567420354 \\
 &= 1,1348
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai dari perhitungan ketidakpastian diperluas ( $U_{\text{exp}}$ ), menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar  $\pm$  dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai dari ketidakpastian diperluas menjadi acuan pembacaan sensor.

### 4.3 Data hasil percobaan alat

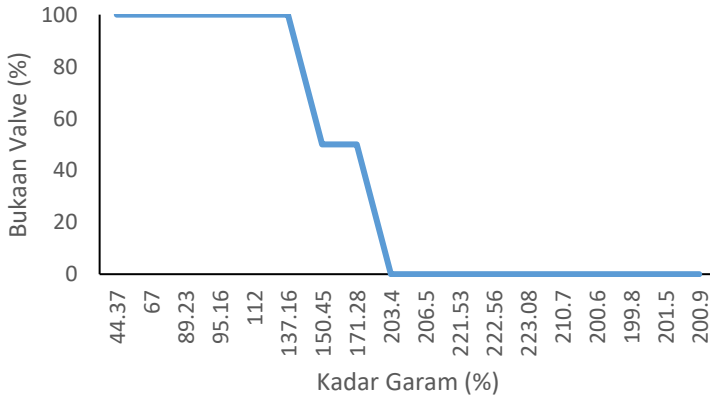
Dari hasil percobaan alat yang telah dilakukan, didapatkan hasil data sebagai berikut :

- Data Respon Aktuator terhadap tabel 4.2 pembacaan sensor salinitas didapatkan hasil dengan pembacaan sensor dengan aktuator, dimana untuk bukaan valve 0%, 50%, dan 100%. Dimana setpoint yang digunakan untuk masing-masing bukaan valve adalah 0-150 gr bukaan 100%, 150-200 gr bukaan 150% , dan ketika melewati 200 gr maka valve akan menutup full 0%

**Tabel 4.2** Hasil Pembacaan Sensor Salinitas & Aktuator

No	Pembacaan Sensor Salinitas (gram)	Aksi Buka an aktuator (%)
1	44,37	100
2	67	100
3	89,23	100
4	95,16	100
5	112	100
6	137,16	100
7	150,45	50
8	171,28	50
9	203,4	0
10	206,5	0
11	221,53	0
12	222,56	0
13	223,08	0
14	210,7	0
15	200,6	0
16	199,8	0
17	201.5	0
18	200,9	0

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu respon aktuator terhadap sensor, dapat dibuat grafik hubungan antara sensor dan aktuator sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Respon Aktuator Salinitas

Pada data respon aktuator dapat diketahui bahwa kerja aktuator pada sistem ini akan menutup secara penuh (Full Close) pada konsentrasi kadar garam sebesar 200 gr. Ketika konsentrasi kadar garam 150 gr keatas maka valve akan membuka sebanyak 50%, sedangkan ketika kadar garam dibawah 150 gr maka bukaan valve membuka sebanyak 100%.

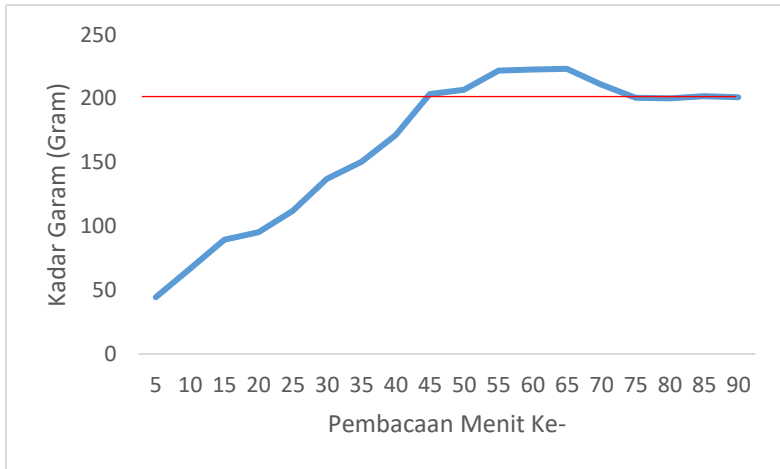
- Data Respon sistem terhadap waktu  
Berdasarkan data yang diperoleh, berikut adalah data respon sistem mulai dari start up plant hingga nilai set point tercapai yaitu pada konsentrasi kadar garam 200 gr

**Tabel 4.3 Respon Sistem Salinitas**

N0.	MENIT KE-	PEMBACAAN SENSOR
1	5	44,37
2	10	67
3	15	89,23
4	20	95,16
5	25	112
6	30	137,16
7	35	150,45
8	40	171,28
9	45	203,4
10	50	206,5
11	55	221,53
12	60	222,56
13	65	223,08
14	70	210,7
15	75	200,6
16	80	199,8
17	85	201.5
18	90	200,9



Dari data diatas didapatkan grafik respon sistem terhadap waktu sebagai berikut:



**Gambar 4.4** Grafik Respon Sistem Salinitas

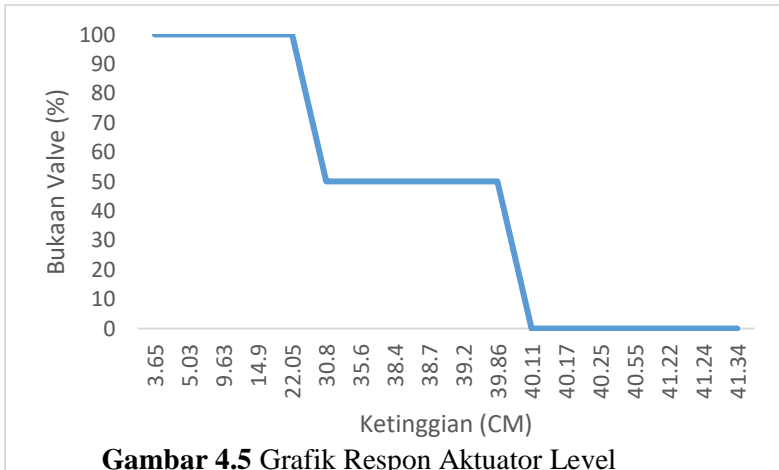
Berdasarkan gambar 4.4 *setpoint* yang digunakan sebesar 200 gram dan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 223,08 gram dengan selisih sebesar 23,08 gram dari nilai *setpoint*. *Rise time* sebesar 45 menit , *peak time* sebesar 65 menit, dan *settling time* sebesar 90 menit.

- Data Respon Aktuator terhadap pembacaan sensor ultrasonik  
Dari pengambilan data, diperoleh hasil dari respon aktuator terhadap pembacaan sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik & Aktuator

No	Pembacaan Sensor Ultrasonik (cm)	Aksi Buka an aktuator (%)
1	3,65	100
2	5,03	100
3	9,63	100
4	14,9	100
5	22,05	100
6	30,8	100
7	35,6	50
8	38,4	50
9	38,7	50
10	39,2	50
11	39,86	50
12	40,11	0
13	40,17	0
14	40,25	0
15	40,55	0
16	41,22	0
17	41,24	0
18	41,34	0

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu respon aktuator terhadap sensor, dapat dibuat grafik hubungan antara sensor dan aktuator sebagai berikut:



**Gambar 4.5** Grafik Respon Aktuator Level

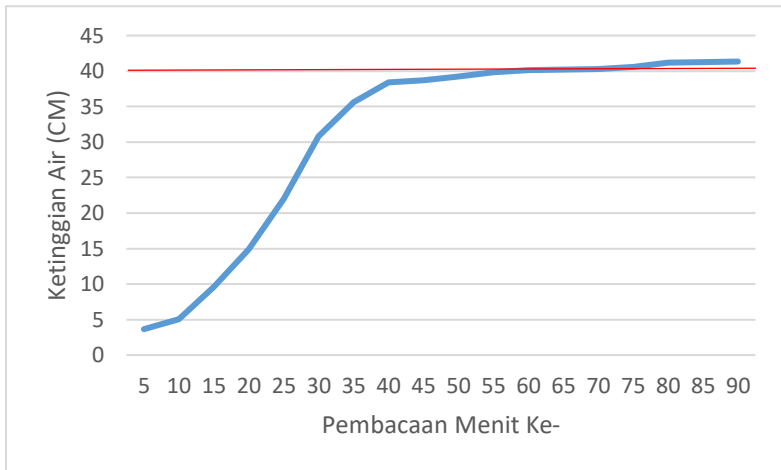
Pada data respon aktuator diatas dapat diketahui bahwa kerja aktuator pada sistem ini akan menutup secara penuh (Full Close) pada ketinggian air sebesar 40 cm. Ketika ketinggian air 30 cm keatas maka valve akan membuka sebanyak 50%, sedangkan ketika ketinggian air dibawah 30 cm maka bukaan valve membuka sebanyak 100%.

- Data Respon sistem terhadap waktu  
Berdasarkan data yang diperoleh, berikut adalah data respon sistem mulai dari start up plant hingga nilai set point tercapai yaitu pada ketinggian air 40 cm :

**Tabel 4.5 Respon Sistem Ultrasonik**

N0.	MENIT KE-	PEMBACAAN SENSOR
1	5	3,65
2	10	5,03
3	15	9,63
4	20	14,9
5	25	22,05
6	30	30,8
7	35	35,6
8	40	38,4
9	45	38,7
10	50	39,2
11	55	39,86
12	60	40,11
13	65	40,17
14	70	40,25
15	75	40,55
16	80	41,22
17	85	41,24
18	90	41,34

Dari data diatas didapatkan grafik respon sistem terhadap waktu sebagai berikut:



**Gambar 4.6** Grafik Respon Sistem Level

Berdasarkan gambar 4.6 *setpoint* yang digunakan sebesar 40 cm dan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 41,34 cm dengan selisih sebesar 1,34 cm dari nilai *setpoint*. *Rise time* sebesar 60 menit , *peak time* sebesar 90 menit, dan *settling time* sebesar 60 menit.

#### 4.4 Pembahasan

Pada tangki *storage mini desalination water plant* terdapat sistem pengendalian *salinitas & level*. Sistem pengendalian *salinitas* tersebut untuk menjaga konsentrasi kadar garam pada tangki storage, sedangkan pengendalian *level* untuk menjaga ketinggian air pada tangki. Sensor yang digunakan adalah sensor salinitas/tds dan ultrasonik HC-SR04. Menggunakan mikrokontroler ATmega 1280 sebagai kontroller. Sistem pengendalian *salinitas & level* memberikan aksi pada servo untuk membuka atau menutup valve dengan bukaan 0%, 50%, 100% .

Digunakan *set point* sebesar 200gr dan 40 cm untuk menutup valve.

Pada pengujian terhadap sistem kontrol dilakukan dengan mengaktifkan sistem, kedua pompa akan menyala dan mengalirkan air dan larutan garam pada tangki storage. Ketika kadar garam dibawah 150 gram maka valve akan membuka 100%, kondisi 150-200 maka valve akan membuka 50% dan valve akan menutup jika kondisi kadar garam sebesar 200 gram sesuai dengan nilai setpoint. Sedangkan untuk ketinggian air valve akan membuka 100% ketika tinggi air dibawah 30 cm, ketika diatas 30-40 cm maka akan membuka 50% dan valve akan menutup jika tinggi air sebesar 40 cm sesuai dengan nilai setpoint.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari perancangan dan pembuatan sistem pengendalian *salinitas & level* pada tangki *storage mini plant desalination plant*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dibuat rancang bangun sistem pengendalian *salinitas & level* pada tangki *storage mini plant desalination plant* ,dengan adanya sistem tersebut maka akan terjaga konsentrasi kadar garam didalam tangki *storage* dengan memanipulasi ketinggian air.
2. Dari pengendalian *salinitas* data yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 223,08 gram dengan selisih sebesar 23,08 gram dari nilai *setpoint*. *Rise time* sebesar 45 menit , *peak time* sebesar 65 menit, dan *settling time* sebesar 90 menit.
3. Dari pengendalian *level* data yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 41,34 cm dengan selisih sebesar 1,34 cm dari nilai *setpoint*. *Rise time* sebesar 60 menit , *peak time* sebesar 90 menit, dan *settling time* sebesar 60 menit.

#### **5.2Saran**

Dari hasil perancangan dan pembuatan sistem ada beberapa saran yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Pemilihan untuk sensor lebih diperhatikan dan juga pembacaan
2. Pemasangan kabel perlu diperhatikan dan dirapikan agar saat terjadi *trouble* lebih mudah untuk mencari *troubleshoot*



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardi Prasetya Yaumar, Herman Pratikno dkk.2016. Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami Terhadap Laju Korosi Pada Material Dalam Air Larutan Buatan. Surabaya:ITS.
- [2] Hadi, Eko Waskito.2010. Analisis Korosi Temperatur Tinggi Akibat Garam Cair Pada Pipa Superheated Boiler. Bandung: ITB.
- [3] Reni Sunaryo, Geni dkk. 1999. Perancangan Sistem Pemurnian Air Laut Menjadi Air Tawar BERDASARKAN METODA Desalinasi Multistage Flash Distillation (MSF). Serpong: P2TKN Batan.
- [4] K. S. SPIELGLER dan A. D. LAIRD, 'Principles of Desalination', 1980.
- [5] Arief, Dharma. 1984. Pengukuran Salinitas Air Laut Dan Peranannya Dalam Ilmu Kelautan. Jakarta: LIPI
- [6] Frans, Gunterus. 1997. Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses. Jakarta : PT.Elex Media Komputindo
- [7] Tham, M.T. 2009. *Overview of Measurement Systems and Devices*. Newcastle : Newcastle University
- [8] Share ITS. 2013. Teknik Pengukuran dan Kalibrasi. ITS. Surabaya
- [9] [depoinovasi.com/produk-510-sensor-konduktivitas-tds-kadar-garam.html](http://depoinovasi.com/produk-510-sensor-konduktivitas-tds-kadar-garam.html)
- [10] <https://halckemy.s3.amazonaws.com> > Ultrasonic Ranging Module HC-SR04

[11] Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V

[12] [www.zonaelektro.net/motor-servo/](http://www.zonaelektro.net/motor-servo/) ( diakses pada 24 Juni 2016 )

## LAMPIRAN A

### A. *CODE PROGRAM*

```
#include <mega1280.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <spi.h>

#asm
.equ __i2c_port=0x0B ;PORTD
.equ __sda_bit=1
.equ __scl_bit=0
#endasm
#include <i2c.h>

#include <ds1307.h>
#include <alcd.h>

#define eco PINF.6
#define tri PORTF.5
float flow,time,jarak,jarakCm,level;
int cntLvl;
unsigned suhu;
int counter,msdetik,opena,openb,openc,opend,flaglvl;
int adcPh,adcKadar,adhigh,adlow;
float voltPh,pH,kadar;
char
tempPh[5],buff[16],bufflvl[10],tempKadar[5],tempLevel[5],t
empFlow[5];

unsigned char wd;
unsigned char dd;
unsigned char mm;
unsigned char yy;
```

```
unsigned char s;  
unsigned char m;  
unsigned char h;
```

```
interrupt [EXT_INT4] void ext_int4_isr(void)  
{  
    counter++;  
  
}
```

```
#include <stdio.h>  
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)  
{  
    TCNT0=0x64;  
    msdetik++;  
    if(msdetik>=10){  
        flow  = (float) counter*0.1/7.5;  
        ftoa(flow,2,tempFlow);  
        counter=0;  
        msdetik=0;  
    }  
  
}
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x00
```

```
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)  
{  
    ADMUX=(adc_input & 0x1f) | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);  
    if (adc_input & 0x20) ADCSRB |= 0x08;  
    else ADCSRB &= 0xf7;  
    delay_us(10);  
    ADCSRA|=0x40;  
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
```

```
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}
```

```
FRESULT res;
unsigned int nbytes;
FATFS fat;
FIL file;
char path[]="0:/TES.txt";
char simpan[]="TES SD CARD";
char buffer[256];
```

```
flash char * flash error_msg[]={
"",
"FR_DISK_ERR",
"FR_INT_ERR",
"FR_NOT_READY",
"FR_NO_FILE",
"FR_NO_PATH",
"FR_INVALID_NAME",
"FR_DENIED",
"FR_EXIST",
"FR_INVALID_OBJECT",
"FR_WRITE_PROTECTED",
"FR_INVALID_DRIVE",
"FR_NOT_ENABLED",
"FR_NO_FILESYSTEM",
"FR_MKFS_ABORTED",
"FR_TIMEOUT"
};
```

```
void bacaph();
void bacakadar();
void bacalevel();
```

```
void bacaultra();  
void bacaSuhu();
```

```
void error(FRESULT res) {  
if ((res>=FR_DISK_ERR) && (res<=FR_TIMEOUT))  
    printf("ERROR: %p\r\n",error_msg[res]);  
while(1);  
}
```

```
void bacaph(){  
    adcPh = read_adc(0);  
    voltPh = (float) adcPh * 0.0048828125;  
    pH = (float) 3.5+voltPh;  
    ftoa(pH,2,tempPh);  
  
}
```

```
void bacakadar(){  
    adcKadar=read_adc(1);  
    kadar = (float) (0.518*adcKadar)-222.4;  
    if(kadar<0){  
        kadar=0;  
    }  
  
}
```

```
    ftoa(kadar,2,tempKadar);  
}
```

```
void bacalevel(){  
    adhigh=read_adc(2);  
    adlow=read_adc(3);  
    if(adhigh>512 && adlow>512){sprintf(bufflvl,"High");  
flaglvl=2;}  
    else if(adhigh<512 && adlow<512){sprintf(bufflvl,"Standart"); flaglvl=1;}  
    else if(adhigh<512 && adlow<512){sprintf(bufflvl,"Low");  
flaglvl=0;}
```

```

}

void bacaultra(){
    DDRF.5=1; PORTF.5=0;
    DDRF.6=0; PORTF.6=1;
    tri=1;
    delay_us(10);
    tri=0;

    for(;;){
        if(eco==1){
            cntLvl=0;
            break;
        }
    }

    for(;;){
        cntLvl++;
        if(eco==0){
            break;
        }
    }

    time = (float) 0.0000000625*cntLvl;
    jarak = (float) (time*343)/2;
    jarakCm = (float) (cntLvl*31.133+26.98)/1000;
    level = (float) 62-jarakCm;
    if(level<0){
        level=0;
    }
    ftoa(level,2,tempLevel);
}

void bacaSuhu(){
    DDRC.6=1;
    PORTC.4=0;

```



```

    suhu=(unsigned) spi(0)<<8;
    suhu|=spi(0);
    PORTC.4=1;
}

```

```

void setServoA(float sudut)
{
    unsigned    int    buff_sudut    =    (unsigned
int)((1.3889*(float)sudut) + 250);
    OCR1AH = (unsigned char)(((buff_sudut & (unsigned
int)0xFF00))>>8);
    OCR1AL = (unsigned char) (buff_sudut & (unsigned
int)0x00FF);
}

```

```

void setServoB(float sudut)
{
    unsigned    int    buff_sudut    =    (unsigned
int)((1.3889*(float)sudut) + 250);
    OCR1BH = (unsigned char)(((buff_sudut & (unsigned
int)0xFF00))>>8);
    OCR1BL = (unsigned char) (buff_sudut & (unsigned
int)0x00FF);
}

```

```

void setServoC(float sudut)
{
    unsigned    int    buff_sudut    =    (unsigned
int)((1.3889*(float)sudut) + 250);
    OCR3AH = (unsigned char)(((buff_sudut & (unsigned
int)0xFF00))>>8);
    OCR3AL = (unsigned char) (buff_sudut & (unsigned
int)0x00FF);
}

```

```

void setServoD(float sudut)

```

```

{
    unsigned    int    buff_sudut    =    (unsigned
int)((1.3889*(float)sudut) + 250);
    OCR3BH = (unsigned char)(((buff_sudut & (unsigned
int)0xFF00))>>8);
    OCR3BL = (unsigned char) (buff_sudut & (unsigned
int)0x00FF);
}

```

```

void main(void)
{

```

```

#pragma optsize-
CLKPR=0x80;
CLKPR=0x00;
#ifdef _OPTIMIZE_SIZE_
#pragma optsize+
#endif

```

```

PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

```

```

PORTB=0x00;
DDRB=0x60;

```

```

PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

```

```

PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

```

```

PORTE=0x00;
DDRE=0x18;

```

```

PORTF=0x00;
DDRF=0x00;

```

PORTG=0x00;  
DDRG=0x00;

PORTH=0x00;  
DDRH=0x00;

PORTJ=0x00;  
DDRJ=0x00;

PORTK=0x00;  
DDRK=0x00;

PORTL=0x00;  
DDRL=0x00;

TCCR0A=0x00;  
TCCR0B=0x03;  
TCNT0=0x64;  
OCR0A=0x00;  
OCR0B=0x00;

TCCR1A=0xA2;  
TCCR1B=0x1D;  
TCNT1H=0x00;  
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x13;  
ICR1L=0x87;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;  
OCR1CH=0x00;  
OCR1CL=0x00;

TCCR3A=0xA2;

TCCR3B=0x1D;  
TCNT3H=0x00;  
TCNT3L=0x00;  
ICR3H=0x13;  
ICR3L=0x87;  
OCR3AH=0x00;  
OCR3AL=0x00;  
OCR3BH=0x00;  
OCR3BL=0x00;  
OCR3CH=0x00;  
OCR3CL=0x00;

EICRA=0x00;  
EICRB=0x03;  
EIMSK=0x10;  
EIFR=0x10;

TIMSK0=0x01;  
TIMSK1=0x00;  
TIMSK2=0x00;  
TIMSK3=0x00;  
TIMSK4=0x00;  
TIMSK5=0x00;

UCSR0A=0x00;  
UCSR0B=0x08;  
UCSR0C=0x06;  
UBRR0H=0x00;  
UBRR0L=0x67;

UCSR1B=0x00;  
UCSR2B=0x00;  
UCSR3B=0x00;

ACSR=0x80;  
ADCSRB=0x00;

```
DIDR1=0x00;
```

```
DIDR0=0x00;
```

```
DIDR2=0x00;
```

```
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
```

```
ADCSRA=0x84;
```

```
SPCR=0x00;
```

```
TWCR=0x00;
```

```
i2c_init();
```

```
lcd_init(16);
```

```
#asm("sei")
```

```
if ((res=f_mount(0,&fat))==FR_OK)
```

```
    printf("Logical drive 0: mounted OK\r\n");
```

```
else
```

```
    error(res);
```

```
if ((res=f_open(&file,path,FA_WRITE))==FR_OK)
```

```
    printf("File %s opened OK\r\n",path);
```

```
else
```

```
    /* an error occurred, display it and stop */
```

```
    error(res);
```

```
while (1)
```

```
{
```

```
    bacaph();
```

```
    bacakadar();
```

```
    bacalevel();
```

```
    bacaultra();
```

```
    bacaSuhu();
```

```
    if(kadar>=10){
```

```

        setServoA(90); opena = 100;
        setServoB(0); openb=0;// cl
    }

    if(kadar<10){
        setServoA(0); opena=0;// cl
        setServoB(90); openb=100;// op
    }

    if(flaglvl==2){
        setServoC(180); openc=100;
    }

    if(flaglvl==1||flaglvl==0){
        setServoC(0); openc=0;
    }

    if(suhu>=120){
        setServoD(90); opend=100;
    }

    if(suhu<120){
        setServoD(45); opend=50;
    }

    rtc_get_time(&h,&m,&s);          // Fungsi mengambil
data waktu
    rtc_get_date(&wd,&dd,&mm,&yy);    // Fungsi
mengambil data tanggal

    sprintf(buffer,"%s,%s,%s",tempPh,bufflvl,tempKadar,suh
u);
    printf("%s",buffer);
    sprintf(buffer,"%02u:%02u:%02u    %02u:%02u:%02u
pH=          %s,          Kadar=%s,          Level=%s,

```

```

Suhu=%s\n",dd,mm,yy,h,m,s,tempPh,bufflvl,tempKadar,suhu
);
    f_open(&file,path,FA_WRITE);
    f_write(&file,buffer,sizeof(buffer),&nbytes);
    f_close(&file);
    lcd_gotoxy(0,0); lcd_putsf("Lva=      ");
    lcd_gotoxy(6,0); lcd_puts(tempLevel);
    lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("Flw=      ");
    lcd_gotoxy(6,1); lcd_puts(tempFlow);

    sprintf(buff,"VW=%3d%%
VG=%3d%% ",opena,openb);
    lcd_gotoxy(0,2); lcd_puts(buff);
    sprintf(buff,"VL=%3d%% VT=%3d%% ",openc,opend);
    lcd_gotoxy(0,3); lcd_puts(buff);

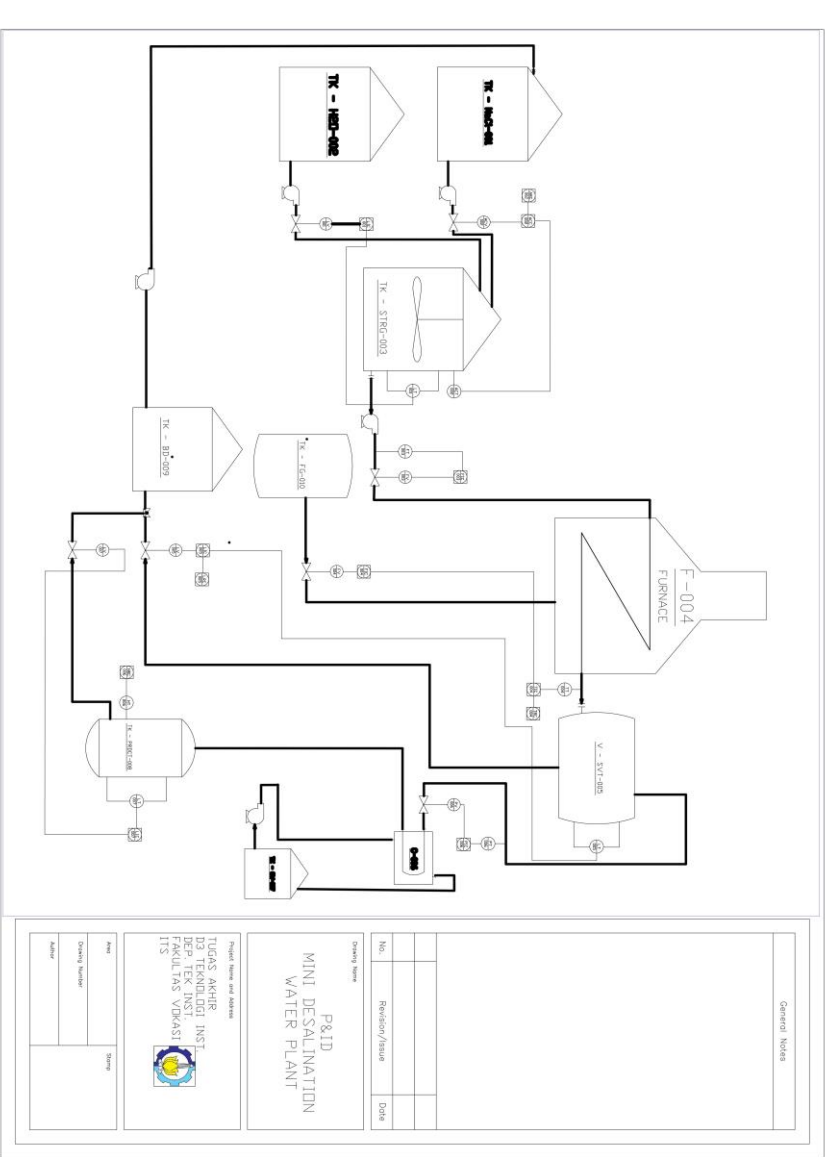
    delay_ms(400);

}
}

```

LAMPIRAN B

B. Gambar PnID Desalinasi





*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN C

### *C. Tabel Pembacaan dan Perhitungan Sensor Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04*

No.	Pembacaan Standart (t)	Pembacaan Alat										Rata-Rata Pemb. Alat (x)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	5	4,92	5,21	4,7	4,98	4,98	5,3	5,3	5,3	5,56	5,56	5,19
2	10	10,13	10,77	10,77	10,77	10,73	10,45	10,45	10,45	10,51	10,51	10,57
3	15	14,95	14,32	14,32	15,04	15,04	15,72	15,45	15,45	15,86	15,86	15,9
4	20	20,21	20,65	20,65	21,13	20,78	20,78	20,78	20,42	20,42	20,42	20,34
5	25	25,19	26,11	25,8	25,8	25,8	25,96	26,43	26,48	25,91	25,48	25,78
6	30	30,08	29,31	29,31	30,65	30,65	30,65	30,65	31,06	31,06	30,92	30,23
7	35	35,26	35,5	35,5	34,27	34,27	35,86	35,65	35,65	35,65	35,65	35,15
8	40	40,30	40,27	40,27	40,75	40,75	41,04	41,04	40,23	40,23	39,02	40,67
9	45	45,16	45,2	45,2	45,76	45,76	46,06	46,06	46,06	45,92	45,92	45,32
10	50	50,07	50,12	50,12	49,33	49,54	51,8	51,9	51,8	50,64	50,64	50,24
Jmlh	275											289,24
Rata	27,5											28,924

### *Pembacaan Skala Ultrasonik*

No	Range	Pembacaan Alat (x)	Koreksi (y)	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	5	4,92	0,08	-0,3	0,09
2	5	5,21	-0,21	-0,01	0,0001
3	5	4,7	0,3	-0,52	0,2704
4	5	4,98	0,02	-0,24	0,0576
5	5	4,98	0,02	-0,24	0,0576
6	5	5,3	-0,3	0,08	0,0064
7	5	5,3	-0,3	0,08	0,0064
8	5	5,3	-0,3	0,08	0,0064
9	5	5,56	-0,56	0,34	0,1156
10	5	5,56	-0,56	0,34	0,1156
Rata-rata	5	5,22			0,07261

***Perhitungan Ketidakpastian Hasil Pengukuran Ultrasonik***

No	T	$\bar{x}$	y	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	5	5,19	-0,19	0,2835	0,08037225
2	10	10,57	-0,57	-0,0995	0,00990025
3	15	15,9	-0,9	0,3655	0,13359025
4	20	20,34	-0,34	-0,1325	0,01755625
5	25	25,78	-0,78	-0,4845	0,23474025
6	30	30,23	-0,23	0,1495	0,02235025
7	35	35,15	-0,15	0,0995	0,00990025
8	40	40,67	-0,67	0,1165	0,01357225
9	45	45,32	-0,32	-0,2105	0,04431025
10	50	50,24	-0,24	-0,0875	0,00765625
Rata-rata	275		-5,035		0,057395

***Perhitungan Ketidakpastian Regresi Salinitas***

$t_i^2$	$t_i \cdot y_i$	Yreg	Residu (R)	Square Residual (SR)
25	-1,1	-0,393563636	0,173563636	0,030124336
100	-6,03	-0,417993939	-0,185006061	0,034227242
225	-2,07	-0,442424242	0,304424242	0,092674119
400	-12,72	-0,466854545	-0,169145455	0,028610185
625	-24,7	-0,491284848	-0,496715152	0,246725942
900	-10,62	-0,515715152	0,161715152	0,02615179
1225	-14,14	-0,540145455	0,136145455	0,018535585
1600	-15,48	-0,564575758	0,177575758	0,03153315
2025	-32,13	-0,589006061	-0,124993939	0,015623485
2500	-29,55	-0,613436364	0,022436364	0,00050339
$\Sigma$ =9625	$\Sigma$ = -148,54			$\Sigma$ = 0,524709224

## LAMPIRAN D

### D. Datasheet Sensor Salinitas

# DATASHEET

## SENSOR KONDUKTIVITAS / TDS / KADAR GARAM

### Tipe Aplikasi :

- Sensor konduktivitas (conductivity sensor)
- Sensor TDS (total dissolve solid)
- Sensor kadar garam (salinity sensor)



### Spesifikasi :

- Bekerja pada tegangan DC 5 Volt
- Support arduino dan mikrokontroler lainnya
- Koefisien linearitas data konduktivitas sebesar 0.9639
- Koefisien linearitas data TDS sebesar 0.983
- Memiliki sensitivitas pada bahan yang bersifat konduktif
- Kedalaman cairan pada saat pengukuran sebesar 5.5 cm dari ujung sensor
- Rumus persamaan umum konversi data konduktivitas  $y = 0.2142x + 494.93$ ,  
dimana :  $x$  = nilai ADC, dan  $y$ =konduktivitas
- Rumus persamaan umum konversi data TDS  $y = 0.3417x + 281.08$ , dimana :  $x$   
= nilai ADC, dan  $y$ =TDS

## SENSOR KONDUKTIVITAS / TDS / KADAR GARAM

Pin	Deskripsi
5V	5V arduino
Gnd	GND arduino
Output	Output ke pin A0 arduino

Tabel 1. Pin Sensor

Sensor Konduktivitas / TDS / Kadar Garam memiliki desain yang kompak. Probe sensornya berbahan stik stainless yang berfungsi sebagai penerima data dari bahan yang diuji. Sensor ini dapat langsung disambungkan dengan pin analog arduino maupun pin analog mikrokontroler lainnya, tanpa harus memakai modul penguat tambahan.

## KARAKTERISTIK

### SENSOR KONDUKTIVITAS / TDS / KADAR GARAM

Parameter	Simbol	Min	Max	Units
Tegangan masukan	Vcc		5.0	V
Tegangan operasional	Vcc	3.0	4.7	V
Tegangan keluaran	ADC	0	1023	ADC
Respon waktu	t	0.1	0.3	s
Sensitivitas	Vcc	0.1	0.5	V

## LAMPIRAN E

### *E. Datasheet Sensor Ultrasonik HC-SR04*

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time $\times$ velocity of sound (340M/S) / 2,

**Wire connecting direct as following:**

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

### **Electric Parameter**

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN F

### F. DATASHEET Atmega 1280



Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V

8-bit Atmel Microcontroller with 16/32/64KB In-System Programmable Flash

#### DATASHEET

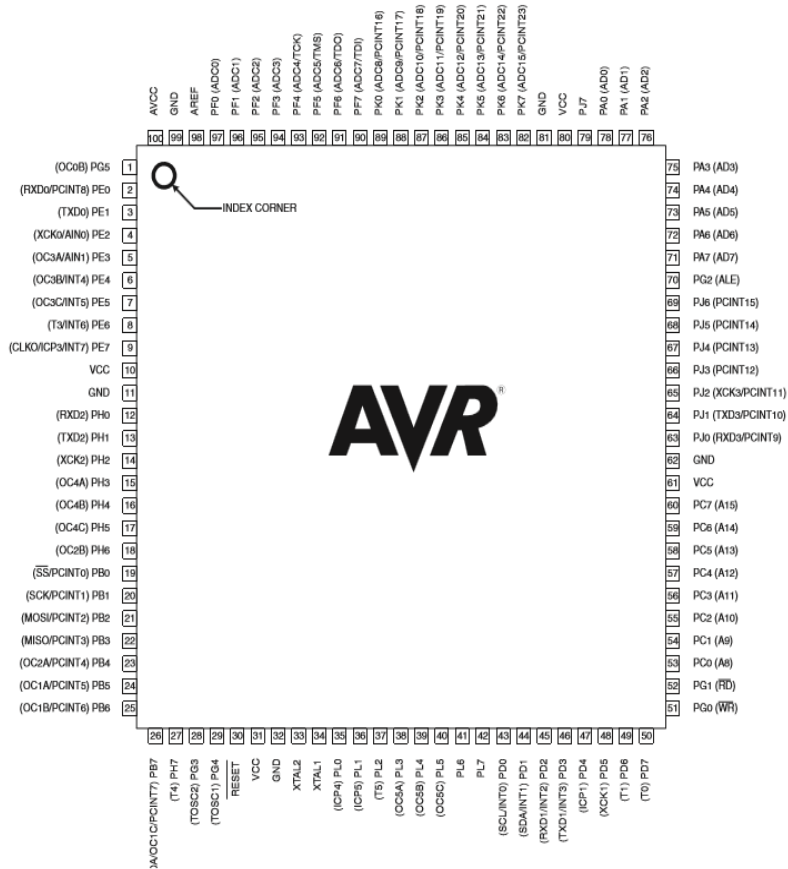
#### Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 135 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
  - On-Chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 64K/128K/256KBytes of In-System Self-Programmable Flash
  - 4Kbytes EEPROM
  - 8Kbytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - QTouch and QMatrix acquisition
  - Up to 64 sense channels
- JTAG (IEEE® std. 1149.1 compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - Four 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare- and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four 8-bit PWM Channels
  - Six/Twelve PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Output Compare Modulator
  - 8/16-channel, 10-bit ADC (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Two/Four Programmable Serial USART (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte Oriented 2-wire Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 54/86 Programmable I/O Lines (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - 64-pad QFN/MLF, 64-lead TQFP (ATmega1281/2561)
  - 100-lead TQFP, 100-ball CBGA (ATmega640/1280/2560)
  - RoHS/Fully Green
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C Industrial



## 1. Pin Configurations

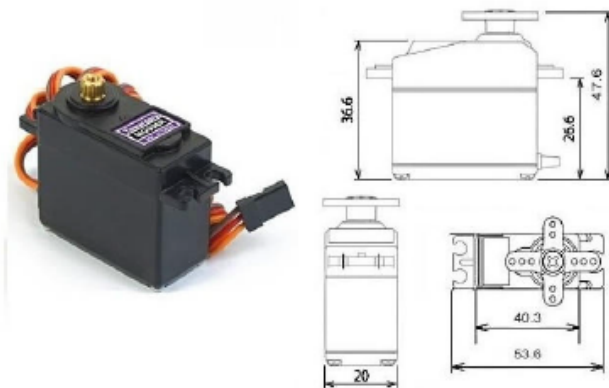
Figure 1-1. TQFP-pinout ATmega640/1280/2560



## LAMPIRAN G

### *G. DATASHEET Motor Servo MG 996R Tower Pro*

#### **MG996R** High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



This High-Torque MG996R Digital Servo features metal gearing resulting in extra high 10kg stalling torque in a tiny package. The MG996R is essentially an upgraded version of the famous MG995 servo, and features upgraded shock-proofing and a redesigned PCB and IC control system that make it much more accurate than its predecessor. The gearing and motor have also been upgraded to improve dead bandwidth and centering. The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

This high-torque standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. The MG996R Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

#### **Specifications**

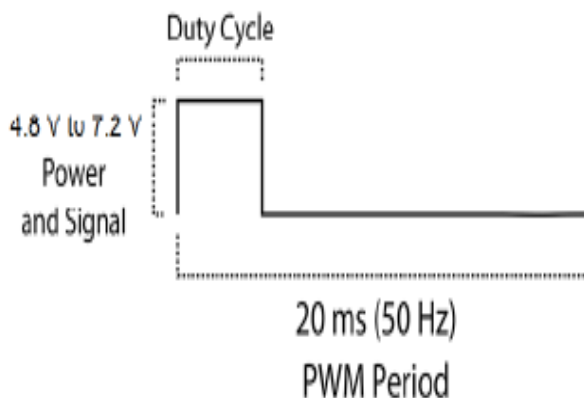
- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 9.4 kgf-cm (4.8 V), 11 kgf-cm (6 V)
- Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)

- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
- Running Current 500 mA – 900 mA (6V)
- Stall Current 2.5 A (6V)
- Dead band width: 5  $\mu$ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Temperature range: 0 °C – 55 °C

PWM=Orange (  $\square$  )

Vcc = Red ( + )

Ground=Brown ( - )





## BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Sidoarjo, 24 Desember 1996, Indonesia dan merupakan anak pertama. Penulis bertempat tinggal di Jl Jetis Kulon 1/20B Wonokromo Surabaya, Jawa Timur. Pada tahun 2002 penulis mengenyam pendidikan di SDN Sedati Agung Sidoarjo, selanjutnya pada 2008, penulis meneruskan sekolah di SMPN 13 Surabaya, dan setelah lulus pada 2011, meneruskan ke SMKN 5 Surabaya. Penulis lulus tahun 2015 dan selanjutnya memasuki dunia perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tepatnya di Program Studi D3 Teknologi Instrumentasi Departemen Teknik Instrumentasi. Pada tahun terakhir penulis di bangku kuliah, dibuat suatu tugas akhir sebagai syarat memperoleh gelar A.Md yaitu mengenai **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SALINITAS & LEVEL PADA TANGKI STORAGE MINI DESALINATION WATER PLANT** yang berhasil disusun dalam bentuk laporan ini. Apabila terdapat pembaca yang memerlukan diskusi atau memiliki kritik dan saran dari tugas akhir ini dapat mengirimkan pesan melalui e-mail di [helmedivaldo@gmail.com](mailto:helmedivaldo@gmail.com).